



UNIVERSIDAD VERACRUZANA

**FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA CIVIL**

"DETERMINACIÓN TEÓRICA Y EXPERIMENTAL DE LA RESPUESTA DINÁMICA DE UN EDIFICIO"

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO CIVIL**

PRESENTA:

ESTEBAN RAMÍREZ GAMBOA

DIRECTOR:

M.I. FRANCISCO WILLIAMS LINERA

BOCA DEL RÍO, VER.

2009



UNIVERSIDAD VERACRUZANA
FACULTAD DE INGENIERIA
INGENIERIA CIVIL



Al pasante:
Esteban Ramírez Gamboa
PRESENTE

Por este medio comunico a usted, que su solicitud de titulación ha sido aprobada con la modalidad de **Tesis** y el tema "**Determinación teórica y experimental de la respuesta dinámica de un edificio**" bajo la dirección del **M.I. Francisco Williams Linera**, con el siguiente índice:

- 1.- Introducción
 - 2.- Alcances y limitaciones del problema
 - 3.- Objetivo
 - 4.- Justificación
 - 5.- Metodología experimental
 - 6.- Método Analítico
 - 7.- Análisis Comparativo Método Analítico vs. Método Experimental
 - 8.- Conclusiones y recomendaciones
- Bibliografía
Apéndices

En virtud de lo anterior, le informo que deberá asistir a la defensa de su trabajo recepcional el día **Viernes 30 de Enero de 2009 a las 18:00 hrs.** en la Sala Audiovisual de esta carrera, así mismo le comunico que el jurado estará comprendido por:

M.C. Jesús M. Santamaría López (presidente)
M.I. Francisco Williams Linera (secretario)
M.I. Guadalupe Riquer Trujillo (vocal)

Sin otro asunto sobre el particular me despido de usted, solicitando su presencia 15 minutos antes en la fecha indicada.

ATENTAMENTE
"LIS DE VERACRUZ: ARTE, CIENCIA, LUZ"
Boca del Río, Ver., a 27 de Enero de 2009

M.C. Ing. Jesús M. Santamaría López

JEFE DE LA CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

BOCA DEL RIO, VER

c.c.p. Archivo

AGRADECIMIENTO

Para Gloria Y Maximino, mis padres.

Gracias Dios mío, lo que les doy y lo que me debe.

A mi madre Gloria, por haberme enseñado a leer y a escribir. Gracias por guiarlos en el camino de la vida y por enseñarme a leer y a escribir. Gracias por los recuerdos más hermosos que tengo.

A Maximino Ramírez, mi padre, gracias por enseñarme a trabajar y ser un hombre y mujer. Porque soy un hombre mucho...".

A mi hermana Soledad, que siempre me enseñó a ser una madre.

A mis hermanos Milton y Milton Beltrán, que siempre me apoyaron en mi vida. Su apoyo este momento me da fuerza y me da ánimo.

A el M. I. Francisco A. Quiroga, que siempre me enseñó a ser por sus abundantes enseñanzas, que me enseñó a ser una existencia. Lo admiro.

A la M. I. Guadalupe R. Quiroga, que siempre me enseñó a ser trabajo. Además me enseñó a ser una existencia. Gracias a quien me abrió la puerta de la existencia y me enseñó a ser del conocimiento. Por eso me enseñó a ser una existencia.

Gracias a todos los que me enseñaron a ser una existencia y a ser del conocimiento.

A Candy Luna, mi amiga, que siempre me enseñó a ser una existencia. Sólo se trata de vivir ..

AGRADECIMIENTOS

Gracias Dios mío, lo que tengo y lo que soy, te lo debo a ti.

A mi madre Gloria Gamboa Ramírez, gracias por darme la vida. Gracias por guiarme en el camino del bien. Gracias por enseñarme a leer hace diecinueve años, ese momento es uno de los recuerdos más hermosos que tengo. Gracias...

A Maximino Ramírez Galván, mi padre. Gracias por enseñarme a trabajar y ser un hombre, gracias, "porque yo te quiero mucho..."

A mi hermana Sandra, que siempre está conmigo, a veces, como una madre.

A mis hermanos, Daniel E. Espinobarros, Abraham I. Ortega y Milton Beltrán. Su presencia es un gran motivo en mi vida, y sin su apoyo este momento no sería posible. Los quiero Shine.

A el M. I. Francisco Williams Linera, mi director de tesis. Gracias por sus abundantes enseñanzas, sin usted, este trabajo no existiría. Lo admiro.

A la M. I. Guadalupe Riquer Trujillo, Asesora permanente en este trabajo. Además del conocimiento que me ha brindado, usted es quien me abrió la puerta a esta inmensa y apasionante área del conocimiento. Por sus calidez y bondad muchas gracias.

Gracias a todos los profesores que me han compartido sus conocimientos.

A Candy Luna, mi otra hermana, con quien también compartí los últimos cuatro años y medio de mi vida. Gracias por

acompañarme en problemas y tristezas, pero sobre todo en alegrías, que a tu lado sobran.

A el señor Juan Carlos Santoyo H. y a su apreciable familia, que me han apoyado cuando mas lo he necesitado. Don Carlos, usted ha sido un gran ejemplo para mí, muchas gracias.

A mis amigos, Humberto Zurita, Yuliana S. Romero, Nicolás Quevedo, Aldo Vicenttini, Alberto Rivera, Daniel Pulido, Leslie Ramírez, Jonathan Rodríguez, Personas muy especiales en mi vida, y que nunca me han dado la espalda, los quiero.

"Gracias a la vida que me ha dado tanto..."

INDICE

| | | |
|---|---|----|
| 1 | Introducción..... | 3 |
| 2 | Alcances y limitaciones del problema..... | 4 |
| | 2.1 Descripción del problema..... | 4 |
| | 2.2 Alcances y limitaciones..... | 5 |
| 3 | Objetivo..... | 5 |
| | 3.1 Objetivo general..... | 5 |
| | 3.2 Objetivo específico..... | 5 |
| 4 | Justificación..... | 6 |
| 5 | Metodología experimental..... | 7 |
| | 5.1 Selección del edificio..... | 7 |
| | 5.2 Descripción del edificio..... | 8 |
| | 5.3 Obtención de registros..... | 11 |
| | 5.3.1 Características del equipo..... | 11 |
| | 5.3.2 Ubicación de los puntos de registros..... | 13 |
| | 5.3.3 Obtención de registros..... | 14 |
| | 5.3.4 Almacenamiento de registros..... | 15 |
| | 5.3.5 Pre-visualización y selección de los registros..... | 16 |
| | 5.4 Obtención del primer modo de vibrar..... | 22 |
| | 5.4.1 Dirección longitudinal..... | 22 |
| | 5.4.2 Dirección transversal..... | 24 |
| | 5.4.3 Torsión..... | 26 |
| 6 | Método Analítico..... | 30 |
| | 6.1 Programa ECOgc W..... | 30 |
| | 6.2 Modelos matemáticos..... | 32 |
| | 6.2.1 Estructura reticular (Modelo 1)..... | 34 |
| | 6.2.2 Estructura con muros rigidizantes (Modelo 2)..... | 42 |
| | 6.2.2.1 Calibrado del Modelo con muros rigidizantes.. | 49 |
| 7 | Análisis comparativo Método Analítico vs Método Experimental..... | 57 |
| 8 | Conclusiones y recomendaciones..... | 59 |

| | |
|---|-----|
| Bibliografía..... | 61 |
| Apéndices..... | 63 |
| A.- Adquisición y procesamiento de datos..... | 63 |
| B.- Método de la diagonal equivalente..... | 103 |

1.- Introducción

La instrumentación sísmica en edificios permite cuantificar las excitaciones provocadas por los sismos y analizar su respuesta.

Los temblores fuertes pueden, en segundos, reducir a escombros un edificio; por esto en la ingeniería civil se consideran diversos factores relacionados con los sismos en el análisis y diseño de las construcciones.

El uso de acelerógrafos en puntos estratégicos de una estructura durante eventos sísmicos o excitaciones provocadas intencionalmente (microtemblores), permite obtener registros que son procesados con diversos programas de cómputo, con lo que finalmente se obtienen los periodos de vibración del edificio.

Un estudio de instrumentación sísmica de un edificio, puede decirnos si ésta responde de la manera esperada según el diseño sismorresistente de la misma, o en su defecto, darnos a conocer su vulnerabilidad, que nos permita tomar medidas preventivas para que, de la manera más conveniente, se pueda modificar su respuesta ante un nuevo evento sísmico.

La sismicidad de la región, la particularidad de los suelos de desplante de las construcciones, así como las características específicas de las mismas, hacen necesario repetir la experiencia de la instrumentación en diversas construcciones de la Republica Mexicana.

Esta tesis presenta la instrumentación sísmica de un edificio de dos niveles de concreto reforzado ubicado en Boca del Río, Veracruz, México, y el análisis de los resultados. También estudia la estructura con métodos analíticos y diversos modelos matemáticos para comparar resultados.

2.- Alcances y limitaciones del problema

2.1.- Descripción del problema

La instrumentación sísmica en edificios es una herramienta poco utilizada en la provincia de México, y en el estado de Veracruz no es diferente.

La normatividad vigente en el estado para la construcción de obra civil, carece de la modernidad necesaria para la construcción de estructuras resistentes a sismos que contemplen condiciones locales. Esto hace que se tenga que recurrir a la adaptación de criterios aplicables a otras regiones o en el mejor de los casos usar parámetros regionales no muy precisos para la construcción de edificios *sismo-resistentes*. Construcciones cada vez más audaces en materiales, altura y estructuración, exigen no solo un paso acelerado en el planteamiento de una reglamentación actual para las nuevas construcciones, sino en el conocimiento de los posibles efectos sísmicos en las construcciones existentes. Una cultura de prevención en los profesionales de la construcción, debe buscar maneras de conocer la verdadera respuesta para evitar daños sociales y ambientales con sus respectivas pérdidas económicas y culturales, estas últimas generalmente invaluable.

Sociedades más avanzadas contemplan en su normatividad una instrumentación sísmica permanente obligatoria, dependiendo de las características e importancia de las construcciones.

2.2.- Alcances y limitaciones

Para el estudio de instrumentación del edificio, no se contó con los planos arquitectónicos ni estructurales. Tampoco se contó con la bitácora de obra. Por estas causas fue necesario suponer algunas de las características del edificio, por ejemplo, el material con el que se hicieron los muros se consideró de piezas de barro recocido. De igual manera, se desconoce la resistencia a la compresión del concreto que se utilizó en la construcción de la estructura, y no fue posible realizar una prueba que nos indicara la f'_c del concreto.

El software utilizado para la elaboración de los modelos matemáticos, se sustenta en la hipótesis de que las losas son infinitamente rígidas en su plano.

3.- Objetivos

3.1.- Objetivo General

En este trabajo se describe la metodología experimental para que mediante la instrumentación sísmica básica (usando un acelerógrafo), obtener el primer modo de vibrar de un edificio escolar, elegido como ejemplo. Se analiza su comportamiento, enfatizando en este análisis la contribución de las diferentes variables que intervienen en su respuesta ante un sismo esperado.

Con lo anterior se destaca la importancia de desarrollar un modelo matemático acorde con la realidad, y lo delicado que puede resultar una modificación posterior a la construcción, principalmente en su respuesta ante un sismo.

3.2.- Objetivo específico

Describir la metodología para instrumentar con un acelerógrafo un edificio de concreto reforzado, y mediante registros de vibración ambiental, obtener el primer modo de vibrar de la estructura en las direcciones longitudinal, transversal y torsional. Comparar estos resultados experimentales con la respuesta teórica de la estructura.

4.- Justificación

Experiencias históricas colocan al estado de Veracruz como uno de los más afectados en la República Mexicana por el efecto de los sismos. Escenarios similares a los ya ocurridos justifican el estudio de la vulnerabilidad de las construcciones ante futuros eventos sísmicos.

Por lo anterior, es preciso recordar que debido a las diferencias existentes entre la concepción teórica de una edificación y la construcción de la misma, pueden presentarse diferencias entre la respuesta teórica esperada ante fuerzas accidentales - en este caso ante un evento sísmico de diseño – y la respuesta real de la estructura.

La idealización del comportamiento de los materiales, las diferencias entre el modelo matemático y la construcción final, haber resistido un evento sísmico de importancia, la degradación de los materiales, sufrir intervenciones estructurales o cambio en su uso, pueden ser solo algunas de las causas por las que una construcción puede tener una respuesta diferente a la esperada.

Es recomendable sobre todo para construcciones de cierta importancia, recurrir a las pruebas experimentales mediante la instrumentación, para determinar su posible comportamiento ante un evento sísmico.

5.- Metodología experimental

5.1.- Selección del edificio

Como primer paso, se seleccionó un edificio con las facilidades necesarias para el acceso a sus diferentes áreas y así poder ejecutar las mediciones con el acelerógrafo. Se realizó un levantamiento geométrico del mismo y se identificaron los materiales de construcción de los elementos estructurales. Se tomaron las dimensiones de cada uno de los elementos estructurales.

El edificio seleccionado es ocupado por el Instituto de Ingeniería de la Universidad Veracruzana y es similar a un gran número de edificaciones que han sido construidas para escuelas en la entidad veracruzana desde hace décadas.

El edificio se encuentra en la siguiente dirección: Av. S.S. Juan Pablo II s/n, Fracc. Costa Verde, C.P. 94294. Boca del Río, Veracruz, México.

Conocer sus características dinámicas nos dará una idea del comportamiento de otras construcciones similares.

Es importante mencionar que no fue posible contar con los planos arquitectónicos ni estructurales del edificio, ni con la memoria de cálculo correspondiente. No fue posible realizar pruebas a los materiales de construcción, ni excavaciones para determinar de manera precisa el tipo de cimentación.

Para obtener mayor información del edificio, fue necesario recurrir a la descripción de testigos confiables de la construcción.



Figura 5.1.1 - Fachada edificio Instituto de Ingeniería.

5.2.- Descripción del edificio

El edificio seleccionado consta de 2 niveles, tiene aulas, oficinas y laboratorios. Su estructura es de concreto reforzado a base de marcos, muros de mampostería de tabique de barro recocido, losas macizas de 10 cm de espesor, al parecer coladas monolíticamente con las trabes. La cimentación se presume que es a base de zapatas corridas y las columnas unidas por contra trabes. Los muros se encuentran confinados por las vigas y las columnas, su distribución se muestra en las figuras 5.2.1 y 5.2.2 Por su estructuración se consideran muros diafragmas y de esta manera aportan rigidez a la estructura.

El piso es de loseta de granito de 25 x 25cm.

Se partió del supuesto de que el concreto utilizado en la construcción fue de $f'_c = 250 \text{ kg/cm}^2$, con este dato, tomando en cuenta la formula proporcionada por las normas técnicas complementarias del reglamento de construcción del Distrito Federal del 2004, se obtuvo un módulo de elasticidad del concreto

$E_c = 2000000 \text{ ton/m}^2$. El acero de refuerzo se utilizó $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$.

La mampostería utilizada en los muros (tabique de barro recocido), de acuerdo con las NTC del Distrito Federal (2004), tiene una resistencia de diseño a la compresión $f_m^* = 15 \text{ kg/cm}^2$, con un módulo de elasticidad $E_m = 9000 \text{ kg/cm}^2$, y un módulo de cortante $G_m = 3600 \text{ kg/cm}^2$.

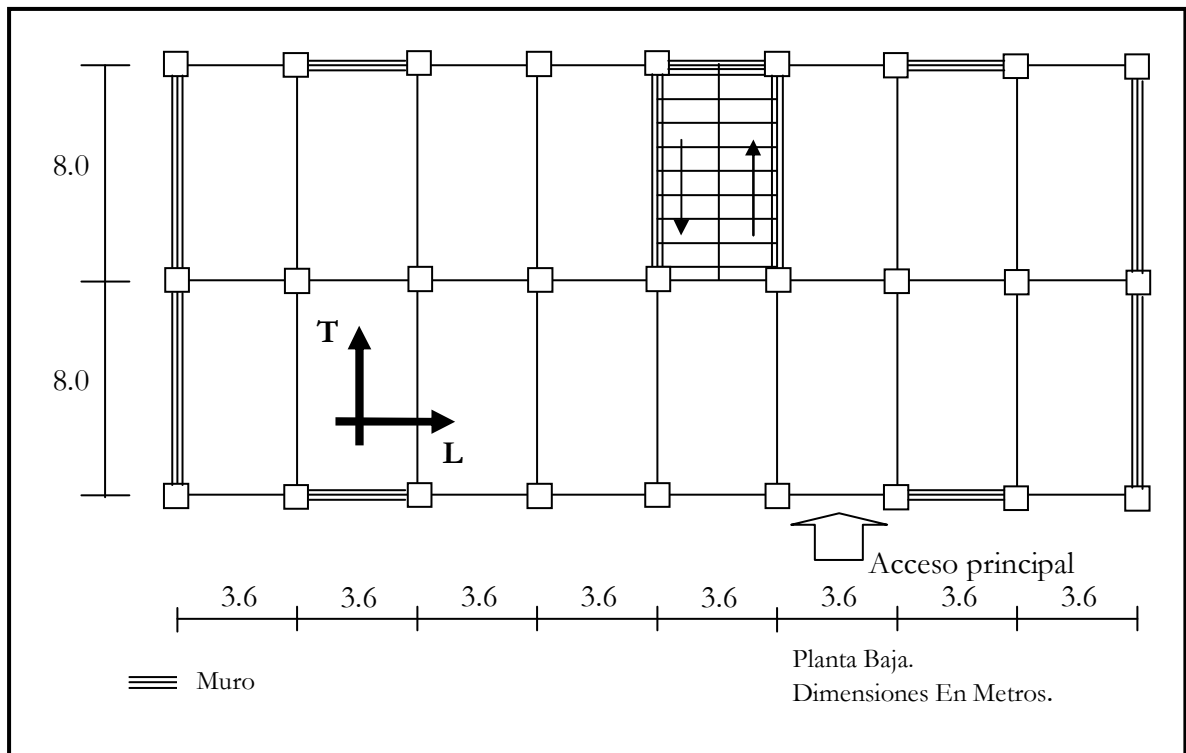


Figura 5.2.1 - Planta Baja del edificio del Instituto de Ingeniería.

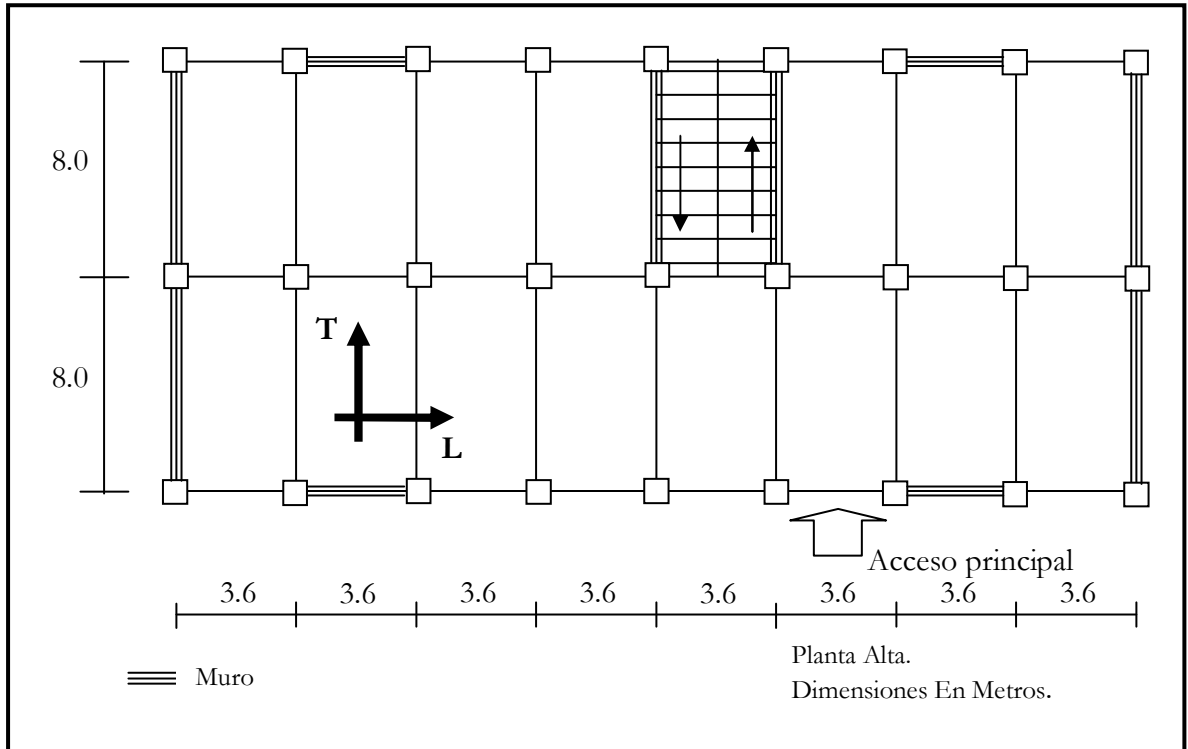


Figura 5.2.2 - Planta Alta del edificio del Instituto de Ingeniería.

5.3 OBTENCIÓN DE REGISTROS

5.3.1 Características del equipo.

El equipo usado fue un acelerógrafo modelo Etna Strong Motion Accelerograph de Kinematics, con las siguientes características:

Tabla 5.3.1.1 - Especificaciones del ETNA.

| | |
|-----------------------------|--|
| Tipo | Procesador Digital de Señales de 24 bits |
| Número de Canales | 3 canales, 1 opcional |
| Rango Dinámico | 108dBa200mps |
| Respuesta en Frecuencia | CD-73 Hz a 200 mps |
| Resolución | 18 bits a 200 mps |
| Ruido | Menos de 8 mV RMS |
| Tasa de Muestreo | 1 00,200,250 mps por canal |
| Rango de Entrada | ± 2.5 V |
| Rango de Disparo | 0.01%- 100% de la escala completa en cada canal |
| Amortiguamiento | 70% |
| Rango de Disparo | 0.1 Hz a 2.5 Hz |
| Tiempo de pre-evento | 30 segundos |
| Tiempo de post-evento | 0-65,000 segundos |
| Tamaño de Memoria | 2 MB de RAM |
| Memoria Expandible | 2 slots para PCMCIA de 2,4,8,16,32,64,128 MB |
| Batería Interna | 12.5 V, 6.5 Ah para 36 horas |
| Adaptador externo de Tiempo | Conexión para GPS |
| Dimensiones | 256 x 381 x 178 mm (Caja de Aluminio con Blindaje) |
| Peso | 9 Kg. incluyendo la batería interna |
| Temperatura de Operación | -20°C a + 70°C |
| MODEM | Interno |
| Velocidad de Baud | 1 200,2400, 4800,9600, 1 9200,38400,57600 |
| Alarma | 0.1% a 100% de la escala completa |
| Software | Compatible con Microsoft Windows |



Figura 5.3.1.1 - ETNA.



Figura 5.3.1.2 - ETNA.

La computadora utilizada para el procesamiento de los datos contaba con Sistema operativo Microsoft Windows XP Profesional, Procesador Pentium 4 a 1.0 GHz y 512 MB de RAM. Con estas características, ejecutaba correctamente los programas necesarios para este estudio.

5.3.2.- Ubicación de los puntos de registros

El análisis consistió en encontrar el primer modo de vibrar del edificio, en los siguientes sentidos:

- Longitudinal
- Transversal
- Torsional

Se procedió a colocar el acelerógrafo modelo ETNA en 6 diferentes sitios, y en todos ellos fue orientado en la dirección longitudinal (L) del edificio.

Cinco de estos sitios fueron localizados en la azotea del edificio como se ve en la Figura 5.3.2.1 El sexto punto, se localizó al nivel del suelo fuera del edificio, evitando la interacción suelo-estructura para obtener la vibración ambiental en el suelo.

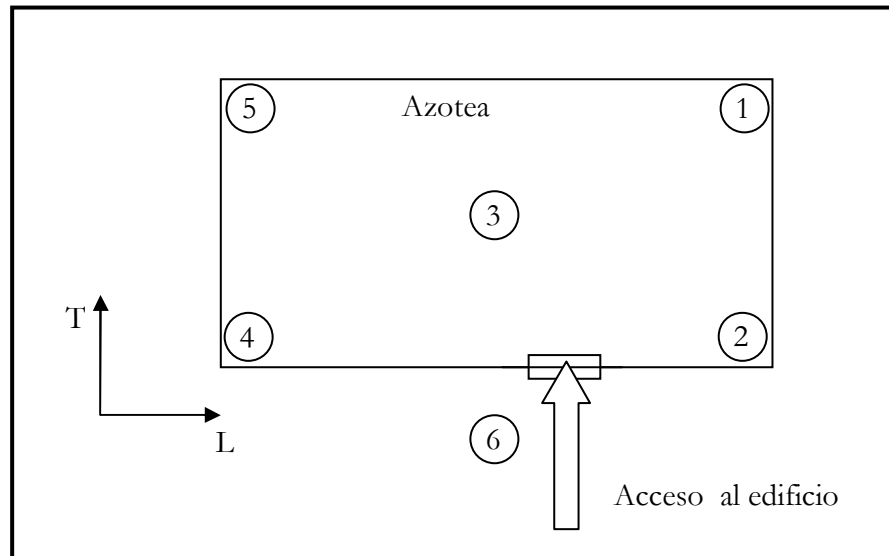


Figura 5.3.2.1 - Ubicación de puntos en el edificio.

5.3.3.- Obtención de registros

Se obtuvieron 6 muestras (golpes) para cada uno de los puntos antes mencionados.

Con cada “golpe” se obtiene un registro de aceleración con duración de 2 minutos, es decir 120 segundos, y dadas las características del ETNA, cada registro guarda la aceleración en 3 direcciones simultáneamente:

- Longitudinal
- Transversal
- Vertical Z (perpendicular a la superficie en donde se coloca el equipo)

De esta forma, al terminar la campaña de obtención de registros, se contaba con 36 golpes.

Cabe mencionar que por las características y fines de este estudio, no se utilizaron las aceleraciones en la dirección Z para los siguientes cálculos.

Dada la sensibilidad del equipo es necesario evitar en la medida posible, el tránsito de personas. Además es necesario configurar el ETNA para que registre en los periodos de tiempo necesarios, en este caso 120 segundos y también la intensidad de aceleración necesaria para que se active y empiece a guardar el registro.

Es importante revisar que el acelerógrafo se encuentre bien nivelado antes de comenzar a registrar, para ello, el ETNA cuenta con un nivel de burbuja en su interior. Es sencillo nivelar el ETNA ya que sus 3 patas pueden graduarse con solo girarlas.

5.3.4.- Almacenamiento de registros

Una vez recabados los datos, se extrajeron las memorias que contiene el ETNA y se vaciaron los datos en una computadora portátil. Posteriormente se ordenaron de la siguiente manera:

✓ Punto 1

- Golpe I
- Golpe II
- Golpe III
- Golpe IV
- Golpe V
- Golpe VI

✓ Punto 2

- Golpe I
- Golpe II
- Golpe III
- Golpe IV
- Golpe V
- Golpe VI

✓ Punto 3

- Golpe I
- Golpe II
- Golpe III
- Golpe IV
- Golpe V
- Golpe VI

✓ Punto 4

- Golpe I
- Golpe II
- Golpe III
- Golpe IV
- Golpe V
- Golpe VI

✓ Punto 5

- Golpe I
- Golpe II
- Golpe III
- Golpe IV
- Golpe V
- Golpe VI

✓ Punto 6

- Golpe I
- Golpe II
- Golpe III
- Golpe IV
- Golpe V
- Golpe VI

5.3.5 Pre-visualización y selección de los registros.

Con la ayuda del software QLWIN proporcionado por Kinemetrics y que viene junto con el ETNA, se hace la selección de los mejores golpes mediante la visualización de de las gráficas de aceleración obtenidas para cada registro (golpe).

Al abrir un archivo correspondiente a un golpe, la aplicación QLWIN muestra 4 graficas de aceleración. La primera gráfica, de arriba hacia abajo, hace la función de una barra de desplazamiento al tiempo que muestra una de las 3 gráficas restantes. La segunda gráfica corresponde al primer canal en que registra el ETNA, que en este caso es el sentido transversal del edificio. La tercera gráfica corresponde al segundo canal, que para este caso es el sentido longitudinal del edificio. Por último, la cuarta gráfica corresponde a la dirección “Z”, es decir, la profundidad, y como ya se mencionó, no se utilizó en este estudio.

La selección de los mejores registros se basa primordialmente en los siguientes criterios:

- 1) Las 3 graficas de aceleración correspondientes a los diferentes sentidos que forman el “golpe” pueden ser horizontales o diagonales, pero deben ser paralelas entre ellas, pues esto indica que el equipo fue bien nivelado.
- 2) Aunque cada aceleración corresponde a una dirección diferente, deben mostrar similitud entre ellas, es decir, deben coincidir los máximos (“picos”) en el tiempo.
- 3) No debe existir saturación en los registros; ésta puede deberse al exceso de ruido o a una repentina excitación debida al paso de un vehiculo o incluso una persona.

Solo con la práctica en la visualización de registros de vibración ambiental se perfecciona la selección de los “golpes”.

En la siguiente figura se hace referencia a un mal “golpe” debido a que el canal 1 se ve claramente diagonal mientras que los otros 2 canales permanecen prácticamente horizontales.

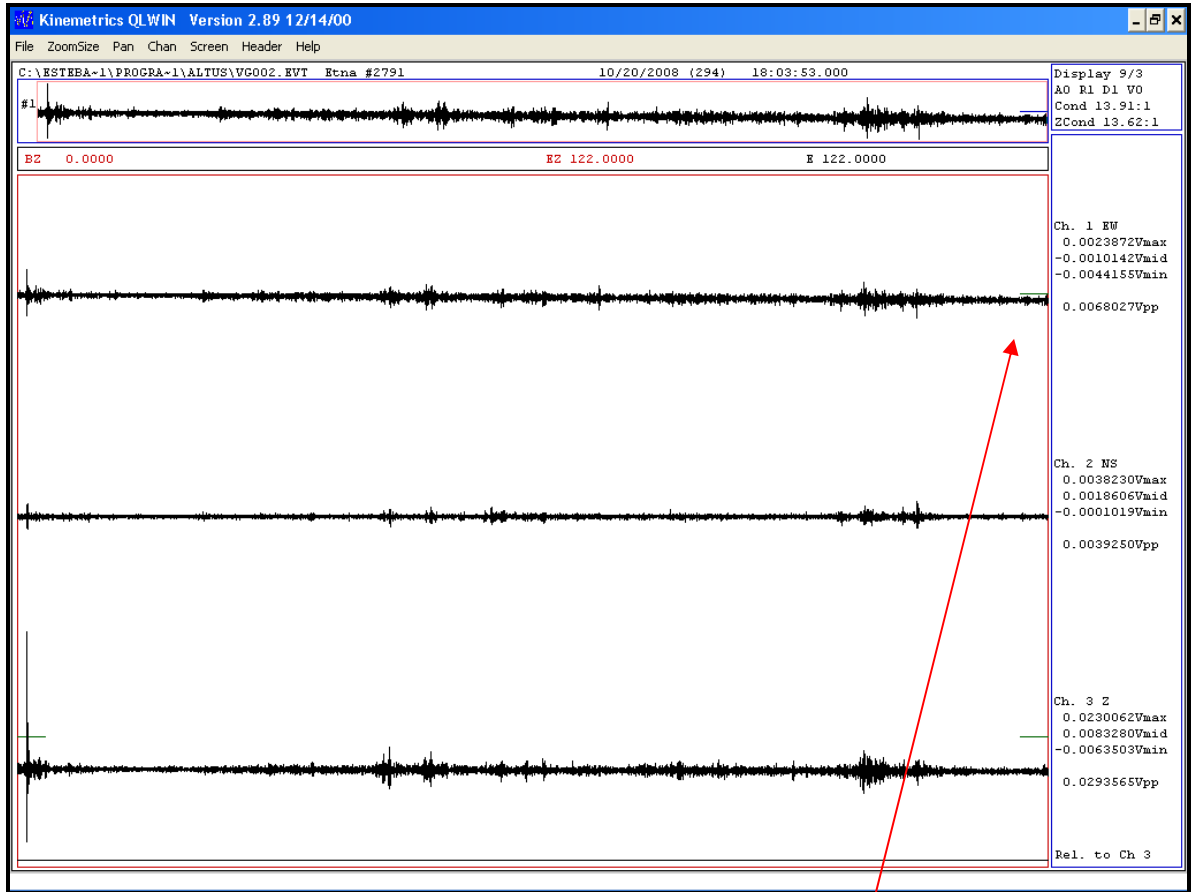


Figura 5.3.5.1 - Registro deficiente. El primer canal no está horizontal.

En contraste, la siguiente figura muestra un registro óptimo, donde, a pesar de que las gráficas de cada canal se encuentran desfasadas de la línea de referencia, se muestran paralelas entre sí, y coinciden los picos en el tiempo en los tres canales.

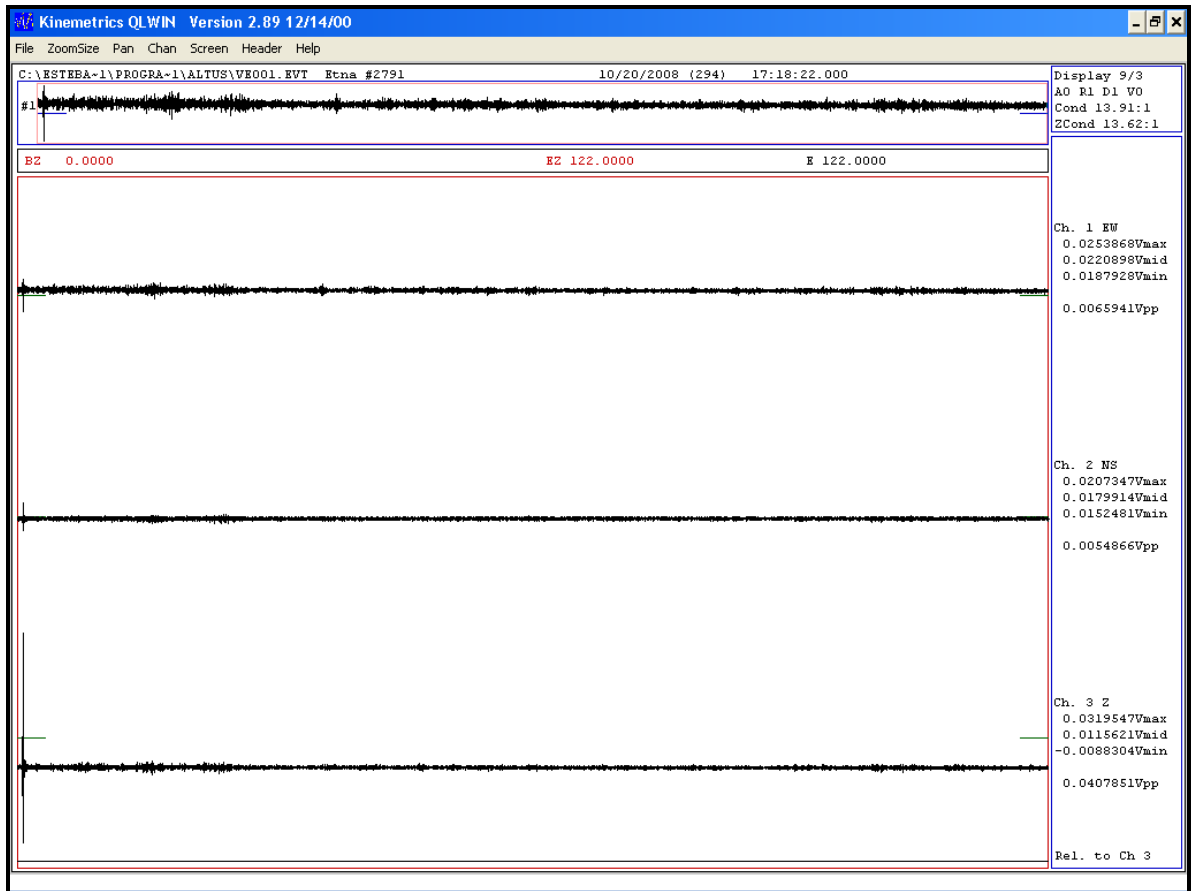


Figura 5.3.5.2 - Registro óptimo.

Para concluir la etapa de selección, se redujo el número de muestras, eliminando de cada punto los 2 registros que presentarían mayores deficiencias.

De esta manera, para tener un panorama global de lo obtenido hasta el momento, podemos decir lo siguiente:

Se tienen 6 puntos en el edificio con 4 golpes cada uno (A, B, C y D); cada golpe a su vez contiene 2 registros útiles (correspondientes a los canales longitudinal y transversal) y cada registro se separa con ayuda del Software DegtraA4 (XP) en 3 segmentos de 40 segundos. Así se generaron 144 segmentos. En las siguientes tablas se ilustra la manera en que se separaron:

Tabla 5.3.5.1 – Punto 1

| PUNTO 1 | | | | | | | | | | | |
|-----------------------|---------|----------|----------------------|---------|----------|-----------------------|---------|----------|----------------------|---------|----------|
| GOLPE A | | | | | | GOLPE B | | | | | |
| REGISTRO LONGITUDINAL | | | REGISTRO TRANSVERSAL | | | REGISTRO LONGITUDINAL | | | REGISTRO TRANSVERSAL | | |
| P1AL-I | P1AL-II | P1AL-III | P1AT-I | P1AT-II | P1AT-III | P1BL-I | P1BL-II | P1BL-III | P1BT-I | P1BT-II | P1BT-III |
| GOLPE C | | | | | | GOLPE D | | | | | |
| REGISTRO LONGITUDINAL | | | REGISTRO TRANSVERSAL | | | REGISTRO LONGITUDINAL | | | REGISTRO TRANSVERSAL | | |
| P1CL-I | P1CL-II | P1CL-III | P1CT-I | P1CT-II | P1CT-III | P1DL-I | P1DL-II | P1DL-III | P1DT-I | P1DT-II | P1DT-III |

La nomenclatura de los segmentos es sencilla, por ejemplo:

P1AL-I = Punto 1, Golpe A, Sentido Longitudinal, Segmento 1.

P1DT-III = Punto 1, Golpe D, Sentido Transversal, Segmento 3.

Esta forma de organización facilitará la explicación en lo sucesivo.

Tabla 5.3.5.2 – Punto 2

| PUNTO 2 | | | | | | | | | | | |
|-----------------------|---------|----------|----------------------|---------|----------|-----------------------|---------|----------|----------------------|---------|----------|
| GOLPE A | | | | | | GOLPE B | | | | | |
| REGISTRO LONGITUDINAL | | | REGISTRO TRANSVERSAL | | | REGISTRO LONGITUDINAL | | | REGISTRO TRANSVERSAL | | |
| P2AL-I | P2AL-II | P2AL-III | P2AT-I | P2AT-II | P2AT-III | P2BL-I | P2BL-II | P2BL-III | P2BT-I | P2BT-II | P2BT-III |
| GOLPE C | | | | | | GOLPE D | | | | | |
| REGISTRO LONGITUDINAL | | | REGISTRO TRANSVERSAL | | | REGISTRO LONGITUDINAL | | | REGISTRO TRANSVERSAL | | |
| P2CL-I | P2CL-II | P2CL-III | P2CT-I | P2CT-II | P2CT-III | P2DL-I | P2DL-II | P2DL-III | P2DT-I | P2DT-II | P2DT-III |

Tabla 5.3.5.3 – Punto 3

| PUNTO 3 | | | | | | | | | | | |
|-----------------------|---------|----------------------|--------|-----------------------|----------|----------------------|---------|----------|--------|---------|----------|
| GOLPE A | | | | GOLPE B | | | | | | | |
| REGISTRO LONGITUDINAL | | REGISTRO TRANSVERSAL | | REGISTRO LONGITUDINAL | | REGISTRO TRANSVERSAL | | | | | |
| P3AL-I | P3AL-II | P3AL-III | P3AT-I | P3AT-II | P3AT-III | P3BL-I | P3BL-II | P3BL-III | P3BT-I | P3BT-II | P3BT-III |
| GOLPE C | | | | GOLPE D | | | | | | | |
| REGISTRO LONGITUDINAL | | REGISTRO TRANSVERSAL | | REGISTRO LONGITUDINAL | | REGISTRO TRANSVERSAL | | | | | |
| P3CL-I | P3CL-II | P3CL-III | P3CT-I | P3CT-II | P3CT-III | P3DL-I | P3DL-II | P3DL-III | P3DT-I | P3DT-II | P3DT-III |

Tabla 5.3.5.4 – Punto 4

| PUNTO 4 | | | | | | | | | | | |
|-----------------------|---------|----------------------|--------|-----------------------|----------|----------------------|---------|----------|--------|---------|----------|
| GOLPE A | | | | GOLPE B | | | | | | | |
| REGISTRO LONGITUDINAL | | REGISTRO TRANSVERSAL | | REGISTRO LONGITUDINAL | | REGISTRO TRANSVERSAL | | | | | |
| P4AL-I | P4AL-II | P4AL-III | P4AT-I | P4AT-II | P4AT-III | P4BL-I | P4BL-II | P4BL-III | P4BT-I | P4BT-II | P4BT-III |
| GOLPE C | | | | GOLPE D | | | | | | | |
| REGISTRO LONGITUDINAL | | REGISTRO TRANSVERSAL | | REGISTRO LONGITUDINAL | | REGISTRO TRANSVERSAL | | | | | |
| P4CL-I | P4CL-II | P4CL-III | P4CT-I | P4CT-II | P4CT-III | P4DL-I | P4DL-II | P4DL-III | P4DT-I | P4DT-II | P4DT-III |

Tabla 5.3.5.5 – Punto 5

| PUNTO 5 | | | | | | | | | | | |
|-----------------------|---------|----------------------|--------|-----------------------|----------|----------------------|---------|----------|--------|---------|----------|
| GOLPE A | | | | GOLPE B | | | | | | | |
| REGISTRO LONGITUDINAL | | REGISTRO TRANSVERSAL | | REGISTRO LONGITUDINAL | | REGISTRO TRANSVERSAL | | | | | |
| P5AL-I | P5AL-II | P5AL-III | P5AT-I | P5AT-II | P5AT-III | P5BL-I | P5BL-II | P5BL-III | P5BT-I | P5BT-II | P5BT-III |
| GOLPE C | | | | GOLPE D | | | | | | | |
| REGISTRO LONGITUDINAL | | REGISTRO TRANSVERSAL | | REGISTRO LONGITUDINAL | | REGISTRO TRANSVERSAL | | | | | |
| P5CL-I | P5CL-II | P5CL-III | P5CT-I | P5CT-II | P5CT-III | P5DL-I | P5DL-II | P5DL-III | P5DT-I | P5DT-II | P5DT-III |

Tabla 5.3.5.6 – Punto 6

| PUNTO 6 | | | | | | | | | | | |
|--------------------------|---------|----------|-------------------------|---------|----------|--------------------------|---------|----------|-------------------------|---------|----------|
| GOLPE A | | | | | | GOLPE B | | | | | |
| REGISTRO LONGITUDINAL | | | REGISTRO TRANSVERSAL | | | REGISTRO LONGITUDINAL | | | REGISTRO TRANSVERSAL | | |
| P6AL-I | P6AL-II | P6AL-III | P6AT-I | P6AT-II | P6AT-III | P6BL-I | P6BL-II | P6BL-III | P6BT-I | P6BT-II | P6BT-III |
| GOLPE C | | | | | | GOLPE D | | | | | |
| REGISTRO LONGITUDINAL | | | REGISTRO TRANSVERSAL | | | REGISTRO LONGITUDINAL | | | REGISTRO TRANSVERSAL | | |
| P6CL-I | P6CL-II | P6CL-III | P6CT-I | P6CT-II | P6CT-III | P6DL-I | P6DL-II | P6DL-III | P6DT-I | P6DT-II | P6DT-III |

5.4.- Obtención del primer modo de vibrar

5.4.1.- Dirección longitudinal

Para determinar el periodo en este sentido, se debe determinar la Función de Transferencia Empírica (Razón espectral) generada al dividir el espectro de Fourier del sentido longitudinal para el punto 3, entre el espectro de Fourier del sentido longitudinal para el punto 6.

Este procedimiento es simple gracias al uso de distintos programas, pero buscando el refinamiento de los resultados, organizamos los registros de la manera citada en el capítulo 5.3.5.- *Pre-visualización y selección de los registros*. Esto nos llevó a un método repetitivo con el cual se obtuvieron 12 Razones Espectrales.

Con el método para la obtención de la función de transferencia empírica, indicado en el *apéndice A, Adquisición y procesamiento de datos*, se calcularon las razones espectrales para los siguientes segmentos de registro:

Tabla 5.4.1.1 Razones Espectrales sentido Longitudinal.

| Función de Transf. E. | Numerador | Denominador |
|-----------------------|-----------|-------------|
| 1 | P3AL-I | P6AL-I |
| 2 | P3AL-II | P6AL-II |
| 3 | P3AL-III | P6AL-III |
| 4 | P3BL-I | P6BL-I |
| 5 | P3BL-II | P6BL-II |
| 6 | P3BL-III | P6BL-III |
| 7 | P3CL-I | P6CL-I |
| 8 | P3CL-II | P6CL-II |
| 9 | P3CL-III | P6CL-III |
| 10 | P3DL-I | P6DL-I |
| 11 | P3DL-II | P6DL-II |
| 12 | P3DL-III | P6DL-III |

Finalmente, en Microsoft Excel se elaboró una hoja de cálculo en la que se pudieron vaciar los datos de las 12 razones espectrales para calcular un promedio con la media geométrica, mismo que fue graficado, encontrando así, la frecuencia (que es el inverso del periodo) para el sentido longitudinal del edificio.

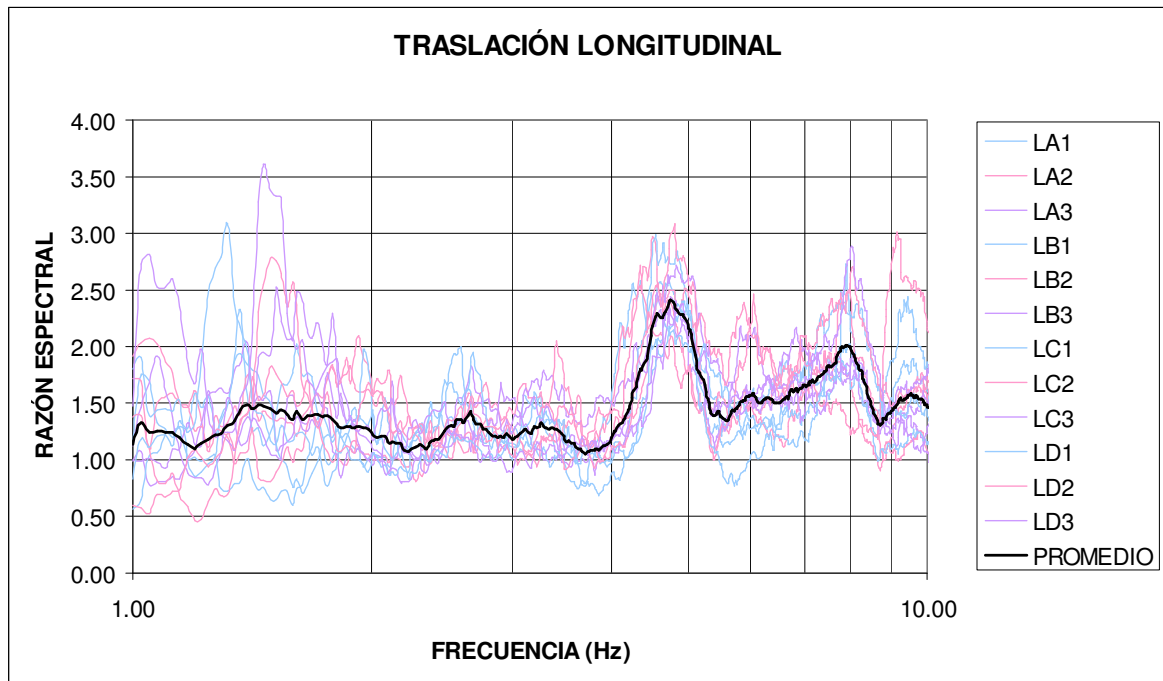


Figura 5.4.1.1 – Gráfica de Promedio de frecuencia en sentido longitudinal.

5.4.2.- Dirección transversal

Para determinar el periodo en este sentido, se debe determinar la Función de Transferencia Empírica (razón espectral) generada al dividir el espectro de Fourier en el sentido transversal del punto 3, entre el espectro de Fourier en el sentido transversal para el punto 6.

Este procedimiento es similar al que se realizó para obtener el periodo de vibrar en el sentido longitudinal de la estructura, y la diferencia radica en que ahora se procesaron los fragmentos de los registros en el sentido transversal del edificio. De igual manera se obtuvieron 12 razones espectrales.

Con el método para la obtención de la Función de Transferencia Empírica, indicado en el *apéndice A, Adquisición y procesamiento de datos*, se calcularon las razones espectrales para los siguientes segmentos de registro:

Tabla 5.4.2.1 Razones Espectrales sentido Transversal.

| Función de Transf. E. | Numerador | Denominador |
|-----------------------|-----------|-------------|
| 1 | P3AT-I | P6AT-I |
| 2 | P3AT-II | P6AT-II |
| 3 | P3AT-III | P6AT-III |
| 4 | P3BT-I | P6BT-I |
| 5 | P3BT-II | P6BT-II |
| 6 | P3BT-III | P6BT-III |
| 7 | P3CT-I | P6CT-I |
| 8 | P3CT-II | P6CT-II |
| 9 | P3CT-III | P6CT-III |
| 10 | P3DT-I | P6DT-I |
| 11 | P3DT-II | P6DT-II |
| 12 | P3DT-III | P6DT-III |

Finalmente, en Microsoft Excel se elaboró una hoja de cálculo en la que se pudieron vaciar los datos de las 12 razones Espectrales para calcular un promedio con la Media Geométrica, mismo que fue graficado. De esta forma se encontró la frecuencia para el sentido transversal del edificio.

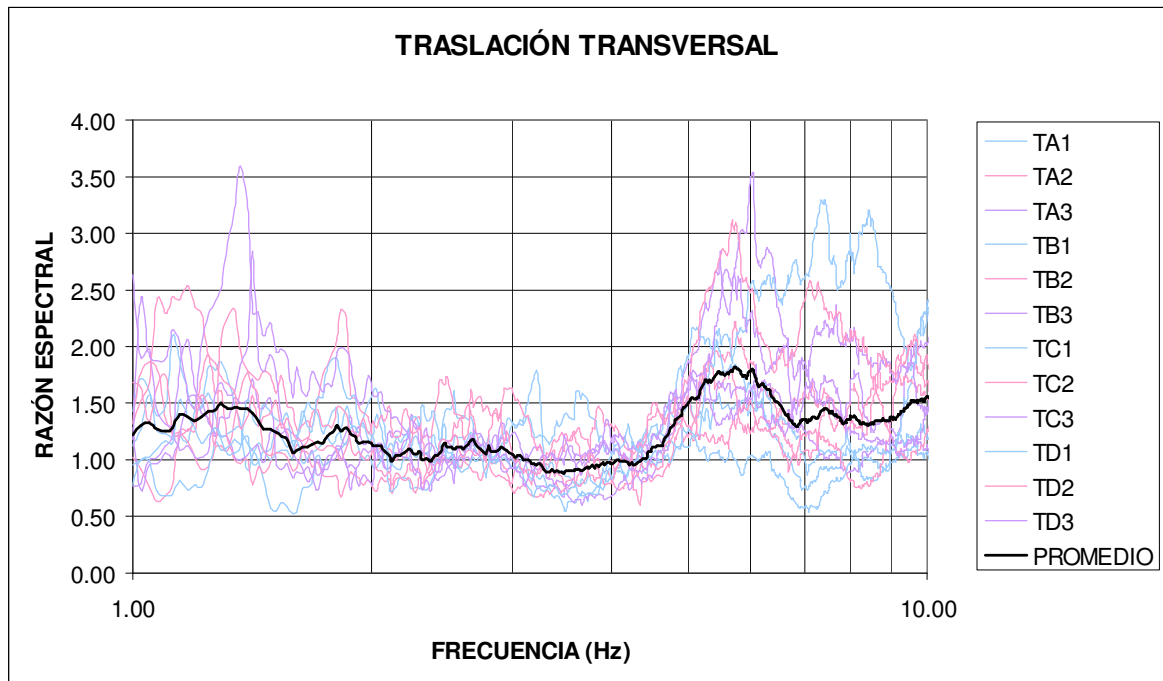


Figura 5.4.2.1 – Gráfica de frecuencia en sentido Transversal.

5.4.3.- Torsión

Para determinar el periodo de vibrar para la Torsión de la estructura, se debe determinar la Función de Transferencia (Razón espectral) generada al dividir los Espectros de Fourier en los sentidos Longitudinal y posteriormente los Espectros del sentido Transversal de los siguientes puntos:

El punto 1 entre el punto 3.

El punto 2 entre el punto 3.

El punto 4 entre el punto 3.

El punto 5 entre el punto 3.

Una vez más, en la búsqueda de resultados más aproximados a la realidad se refinó el procedimiento, y al segmentar los registros como se explicó en capítulos anteriores, se generaron 96 Razones Espectrales.

Con el método para la obtención de la Función de Transferencia Empírica, indicado en el *apéndice A. Adquisición y procesamiento de datos*, se calcularon las razones espectrales para los siguientes segmentos de registro:

Tabla 5.4.3.1 Razones Espectrales Para Torsión en sentido Transversal.

| Función de Transf. E. | Numerador | Denominador | Función de Transf. E. | Numerador | Denominador |
|-----------------------|-----------|-------------|-----------------------|-----------|-------------|
| 1 | P1AT-I | P3AT-I | 25 | P4AT-I | P3AT-I |
| 2 | P1AT-II | P3AT-II | 26 | P4AT-II | P3AT-II |
| 3 | P1AT-III | P3AT-III | 27 | P4AT-III | P3AT-III |
| 4 | P1BT-I | P3BT-I | 28 | P4BT-I | P3BT-I |
| 5 | P1BT-II | P3BT-II | 29 | P4BT-II | P3BT-II |
| 6 | P1BT-III | P3BT-III | 30 | P4BT-III | P3BT-III |
| 7 | P1CT-I | P3CT-I | 31 | P4CT-I | P3CT-I |
| 8 | P1CT-II | P3CT-II | 32 | P4CT-II | P3CT-II |
| 9 | P1CT-III | P3CT-III | 33 | P4CT-III | P3CT-III |
| 10 | P1DT-I | P3DT-I | 34 | P4DT-I | P3DT-I |
| 11 | P1DT-II | P3DT-II | 35 | P4DT-II | P3DT-II |
| 12 | P1DT-III | P3DT-III | 36 | P4DT-III | P3DT-III |
| Función de Transf. E. | Numerador | Denominador | Función de Transf. E. | Numerador | Denominador |
| 13 | P2AT-I | P3AT-I | 37 | P5AT-I | P3AT-I |
| 14 | P2AT-II | P3AT-II | 38 | P5AT-II | P3AT-II |
| 15 | P2AT-III | P3AT-III | 39 | P5AT-III | P3AT-III |
| 16 | P2BT-I | P3BT-I | 40 | P5BT-I | P3BT-I |
| 17 | P2BT-II | P3BT-II | 41 | P5BT-II | P3BT-II |
| 18 | P2BT-III | P3BT-III | 42 | P5BT-III | P3BT-III |
| 19 | P2CT-I | P3CT-I | 43 | P5CT-I | P3CT-I |
| 20 | P2CT-II | P3CT-II | 44 | P5CT-II | P3CT-II |
| 21 | P2CT-III | P3CT-III | 45 | P5CT-III | P3CT-III |
| 22 | P2DT-I | P3DT-I | 46 | P5DT-I | P3DT-I |
| 23 | P2DT-II | P3DT-II | 47 | P5DT-II | P3DT-II |
| 24 | P2DT-III | P3DT-III | 48 | P5DT-III | P3DT-III |

Tabla 5.4.3.2 Razones Espectrales Para Torsión En Sentido Longitudinal.

| Función de Transf. E. | Numerador | Denominador | Función de Transf. E. | Numerador | Denominador |
|-----------------------|-----------|-------------|-----------------------|-----------|-------------|
| 49 | P1AL-I | P3AL-I | 73 | P4AL-I | P3AL-I |
| 50 | P1AL-II | P3AL-II | 74 | P4AL-II | P3AL-II |
| 51 | P1AL-III | P3AL-III | 75 | P4AL-III | P3AL-III |
| 52 | P1BL-I | P3BL-I | 76 | P4BL-I | P3BL-I |
| 53 | P1BL-II | P3BL-II | 77 | P4BL-II | P3BL-II |
| 54 | P1BL-III | P3BL-III | 78 | P4BL-III | P3BL-III |
| 55 | P1CL-I | P3CL-I | 79 | P4CL-I | P3CL-I |
| 56 | P1CL-II | P3CL-II | 80 | P4CL-II | P3CL-II |
| 57 | P1CL-III | P3CL-III | 81 | P4CL-III | P3CL-III |
| 58 | P1DL-I | P3DL-I | 82 | P4DL-I | P3DL-I |
| 59 | P1DL-II | P3DL-II | 83 | P4DL-II | P3DL-II |
| 60 | P1DL-III | P3DL-III | 84 | P4DL-III | P3DL-III |
| Función de Transf. E. | Numerador | Denominador | Función de Transf. E. | Numerador | Denominador |
| 61 | P2AL-I | P3AL-I | 85 | P5AL-I | P3AL-I |
| 62 | P2AL-II | P3AL-II | 86 | P5AL-II | P3AL-II |
| 63 | P2AL-III | P3AL-III | 87 | P5AL-III | P3AL-III |
| 64 | P2BL-I | P3BL-I | 88 | P5BL-I | P3BL-I |
| 65 | P2BL-II | P3BL-II | 89 | P5BL-II | P3BL-II |
| 66 | P2BL-III | P3BL-III | 90 | P5BL-III | P3BL-III |
| 67 | P2CL-I | P3CL-I | 91 | P5CL-I | P3CL-I |
| 68 | P2CL-II | P3CL-II | 92 | P5CL-II | P3CL-II |
| 69 | P2CL-III | P3CL-III | 93 | P5CL-III | P3CL-III |
| 70 | P2DL-I | P3DL-I | 94 | P5DL-I | P3DL-I |
| 71 | P2DL-II | P3DL-II | 95 | P5DL-II | P3DL-II |
| 72 | P2DL-III | P3DL-III | 96 | P5DL-III | P3DL-III |

En Microsoft Excel se vaciaron los datos de las Razones Espectrales calculadas. Previamente se elaboró una hoja de cálculo para encontrar un promedio con la media geométrica para cada una de las tablas anteriores, y después, estos promedios fueron graficados, encontrando así, un Promedio Total de cada sentido (Transversal y Longitudinal) para la Frecuencia que corresponde a la Torsión.

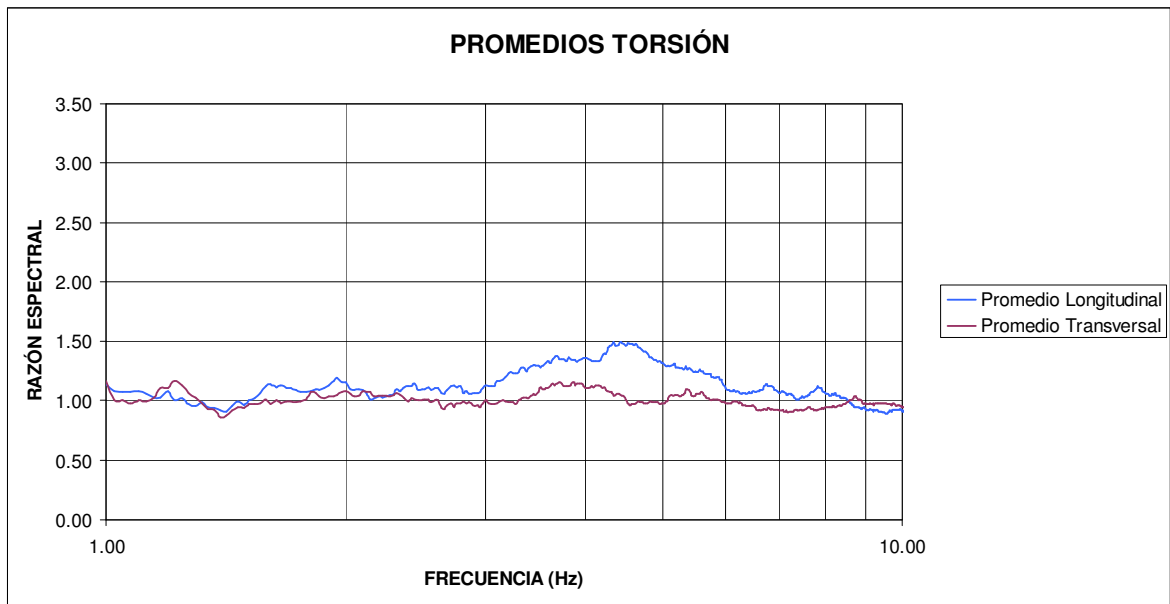


Figura 5.4.3.1 – Gráfica de frecuencia en torsión.

6.- Método analítico

6.1.- Programa ECOgc W

En ECO se pueden modelar edificios con diafragmas rígidos o sin ellos. Al ser el modelo tridimensional, cada nudo tiene seis grados de libertad, que pueden ser los seis independientes o tres independientes y tres dependientes, según estén ligados o no a un diafragma rígido. Los diafragmas rígidos son definidos por el usuario al emplear tableros. Todos los tableros que tienen al menos un nudo en común, forman un diafragma rígido. Los nudos que están en el diafragma tienen tres grados de libertad independientes (desplazamiento vertical y rotaciones alrededor de los ejes horizontales) y tres dependientes (desplazamientos horizontales y rotación alrededor del eje vertical). Los desplazamientos en las libertades dependientes son valuados por ECO en función de los desplazamientos del nudo maestro del diafragma. El nudo maestro de cada diafragma es establecido automáticamente por ECO, haciendo las transformaciones apropiadas en las matrices de rigidez de los elementos. Los nudos que no están ligados a un diafragma, tienen sus seis grados de libertad independientes.

ECO no tiene límites preestablecidos en cuanto a cantidad de nudos, miembros, etc. El programa puede direccionar un máximo de 2GB de memoria RAM. El límite se establece desde un punto de vista práctico en cuanto a la dimensión del modelo que pueda ser manejado de forma interactiva.

Dentro de las características principales del programa se encuentran las siguientes:

ECOgcW cuenta con análisis lineal, P-Delta, análisis sísmico y diseño de elementos de concreto a flexión y flexocompresión biaxial. Los análisis que realiza son tridimensionales. El programa puede ser empleado en equipos con ambiente Windows de 32 bits (95, 98, Milenium, NT, 2000 y XP). Se recomienda que el equipo en que se emplee cuente con al menos 128 MB de RAM y monitor con una resolución de 1024 x 768.

La geometría de la estructura en el programa, estará definida en un sistema global coordinado ortogonal tridimensional X-Y-Z. Las plantas de los niveles del edificio

serán paralelas al plano X-Y, ubicando su altura sobre el eje Z. Cada elemento que forma el edificio tiene su propio sistema local de coordenadas. Para diferenciarlo del sistema global X-Y-Z, este sistema se identifica como 1-2-3. Las propiedades y resultados del elemento estarán definidos en su sistema local 1-2-3.

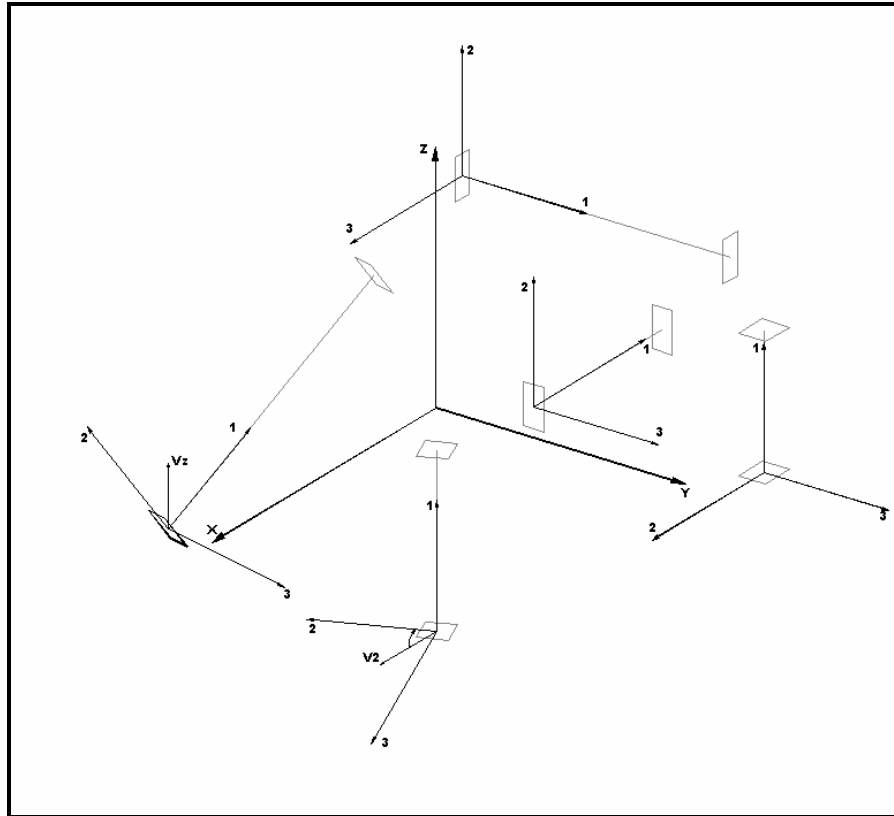


Figura 6.1.1 – Orientación para dimensiones del programa ECO

Los tableros en ECO cumplen dos funciones principales. La primera es permitir al usuario definir diafragmas rígidos. La segunda es permitir cargar los miembros en el borde según sus áreas tributarias. Los tableros que tienen tres o cuatro lados, ECO los considera “cargables”. Es decir que puede cargar las traveses que lo limitan, en función de la carga sobre el tablero. Cada lado puede estar constituido por varios miembros con la condición de que sean colineales. El área tributaria de cada lado lo determina ubicando las líneas que bisectan cada esquina y determinando sus puntos de cruce.

6.2.- Modelos matemáticos

Paralelamente al estudio experimental para la obtención de los periodos de los tres sentidos para el primer modo de vibrar de la estructura, se realizó un modelo tridimensional del edificio en el programa ECOgc W, este software sirve para el diseño de estructuras de concreto reforzado. Así se obtuvieron los periodos para los sentidos Longitudinal, Transversal y Torsión, del primer modo de vibrar de la estructura.

Para el ajuste del modelo fue necesario tomar en cuenta la mayoría de los aspectos del edificio, estructurales ó no. Estos son algunos de los mas relevantes:

Las dimensiones y características del edificio.

Colindancias del edificio.

Numero de niveles en el edificio.

Ubicación de escaleras y baños.

Posibles tipos de cimentación.

Distancias entre columnas.

Numero de columnas.

Dimensiones y ubicación de Columnas.

Distancia entre trabes.

Numero de trabes.

Dimensiones y ubicación de trabes.

Existencia de Muros, características, dimensión y ubicación.

Tipo de Loseta utilizada para piso.

Tipo de impermeabilizante utilizado, Etc.

Estas características fueron revisadas exhaustivamente.

Se realizó un estudio de las cargas Muertas y Vivas existentes, además se tomaron en cuenta las cargas Vivas de diseño que marca el Reglamento de Construcción del Distrito Federal del 2004.

Una vez reunida la información de edificio, se comenzó el modelado en ECO gcW, esperando, con los resultados obtenidos del modelo, corroborar los periodos que se encontraron de forma experimental para el primer modo de vibrar de la estructura.

6.2.1.- Estructura reticular (Modelo 1)

Como primer paso, se dibujó la estructura reticular de 2 niveles, a base de elementos “barra” que después representarían las columnas y trabes, tomando en cuenta los volados.

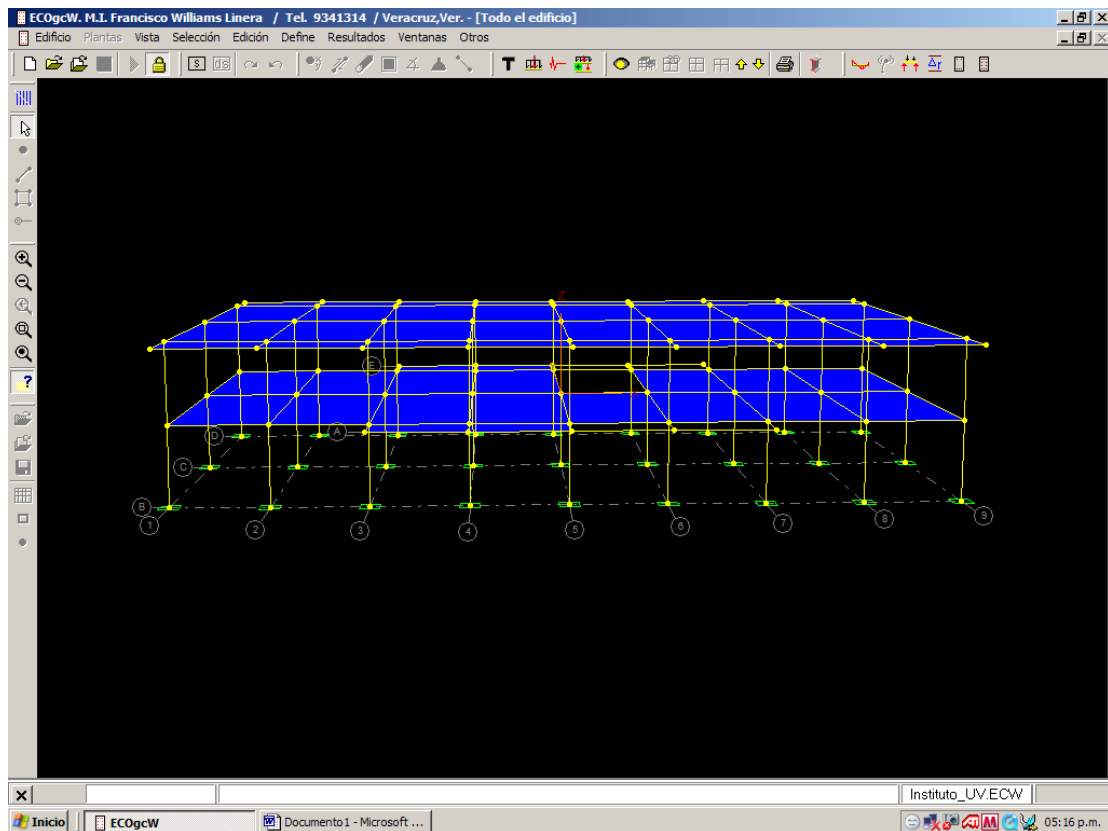


Figura 6.2.1.1 – Estructura reticular del edificio.

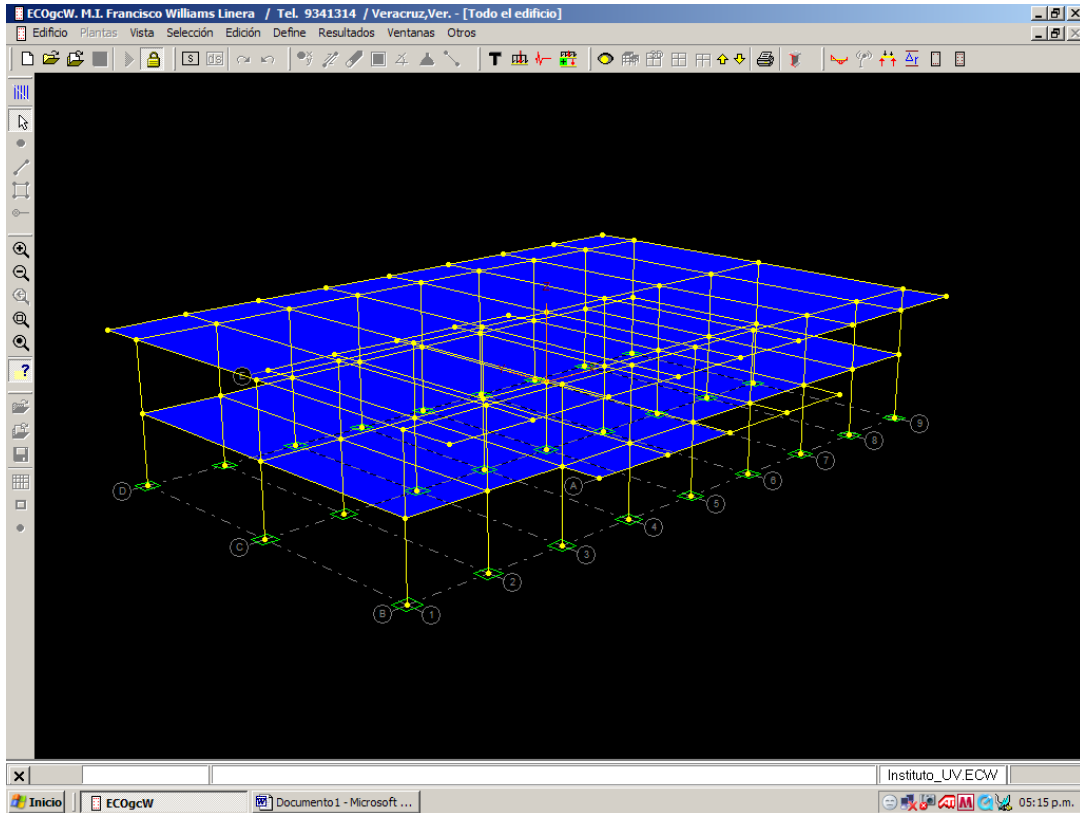


Figura 6.2.1.2 – Estructura reticular del edificio.

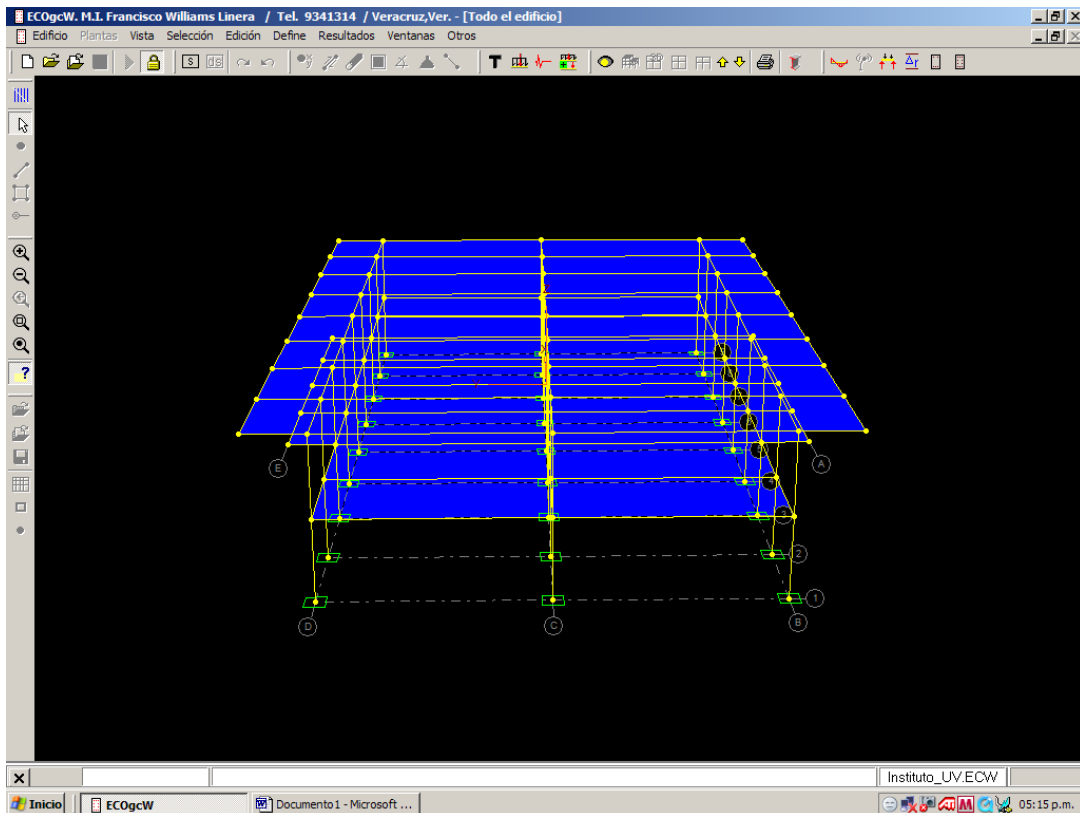


Figura 6.2.1.3 – Estructura reticular del edificio.

El segundo paso fué definir los tableros, que por las características del software utilizado, se consideran infinitamente rígidos.

En el tercer paso se establecieron las características de los materiales con que se construyeron las columnas y las traveses, así como sus dimensiones, para después asignarlas a los elementos correspondientes.

Se consideró el 100% del momento de inercia de la sección bruta para el cálculo de la rigidez en cada elemento, así como el uso de concreto Clase 1 con resistencia a la compresión de 250kg/cm^2

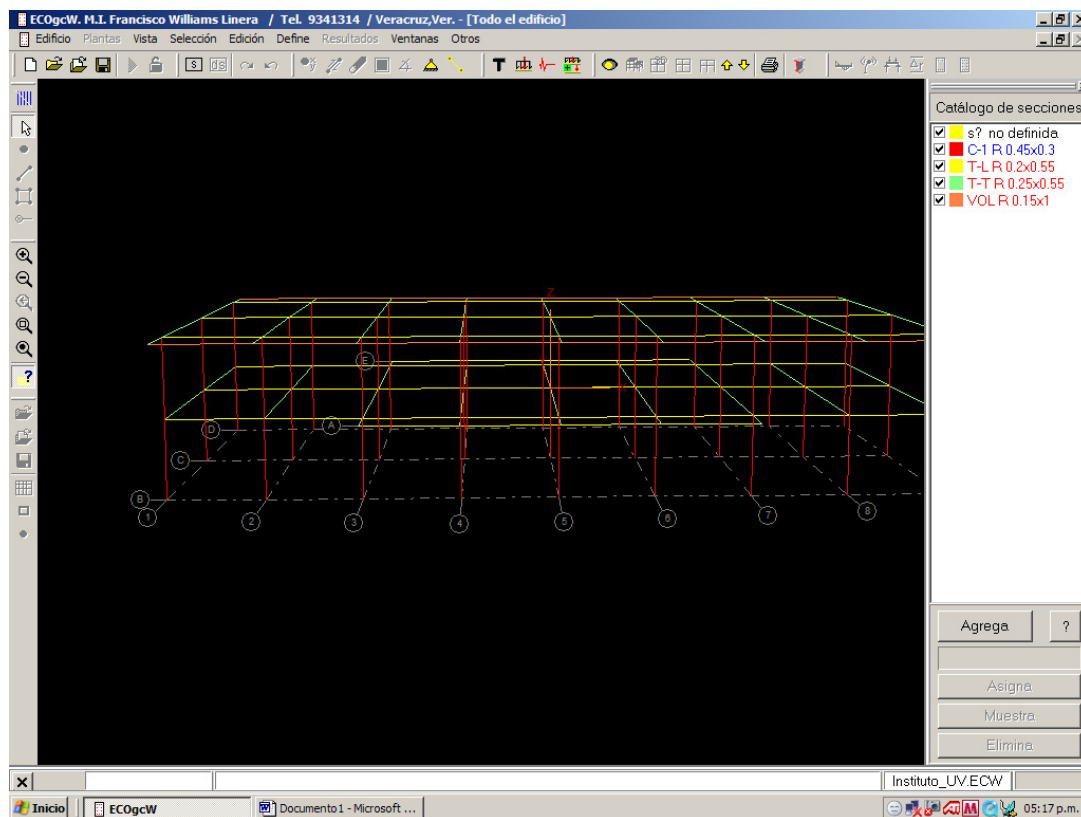


Figura 6.2.1.4 – Asignación de secciones transversales.

Determinadas las secciones transversales de los elementos, al activar la opción “vista extruida” el edificio se ve de la siguiente manera:

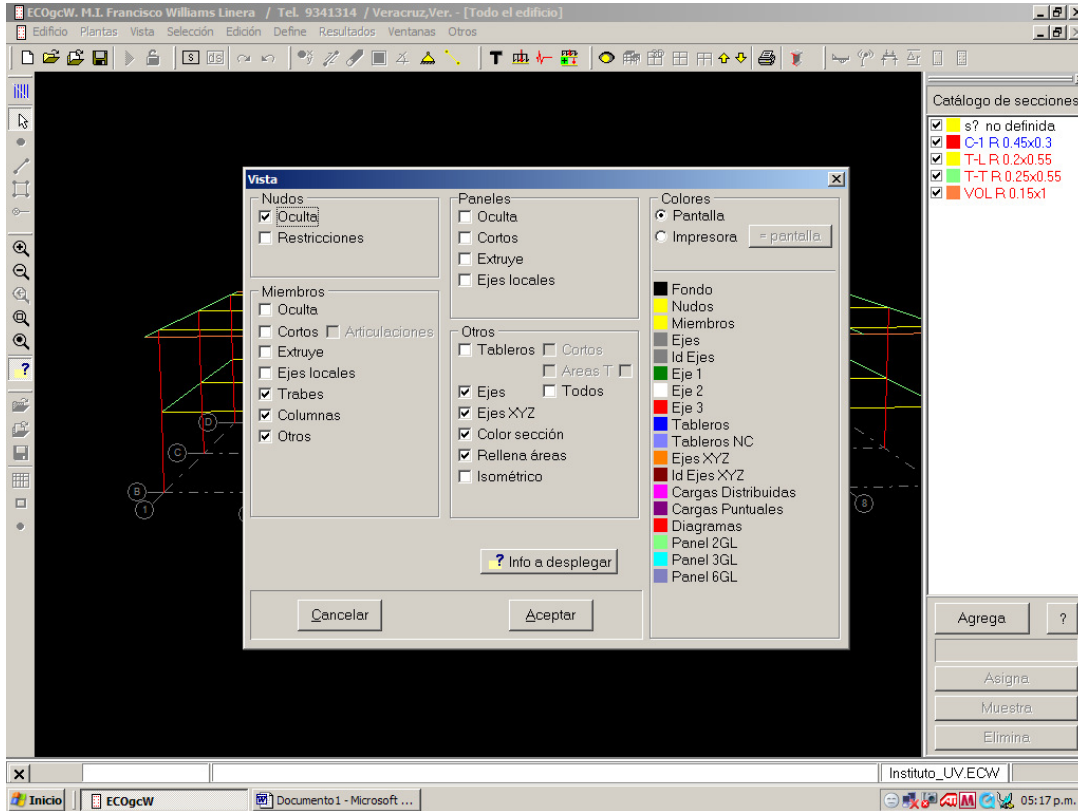


Figura 6.2.1.5 – Seleccionar opción Extruye.

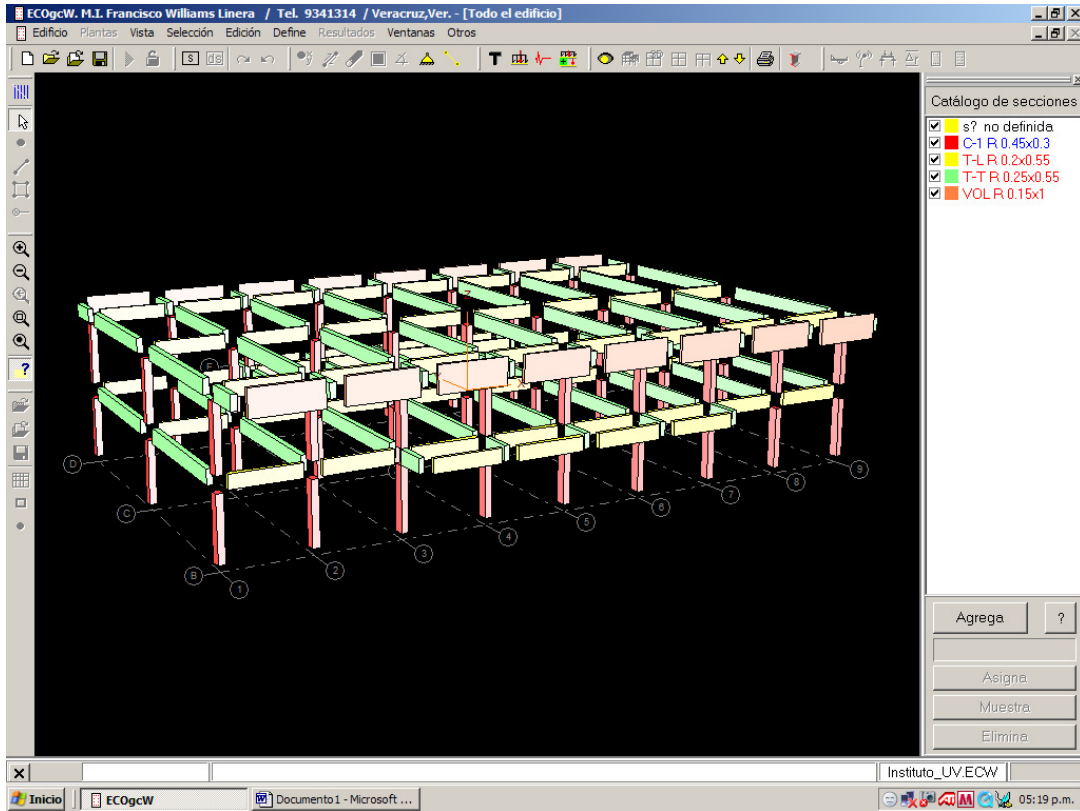


Figura 6.2.1.6 – Vista del edificio con secciones transversales definidas.

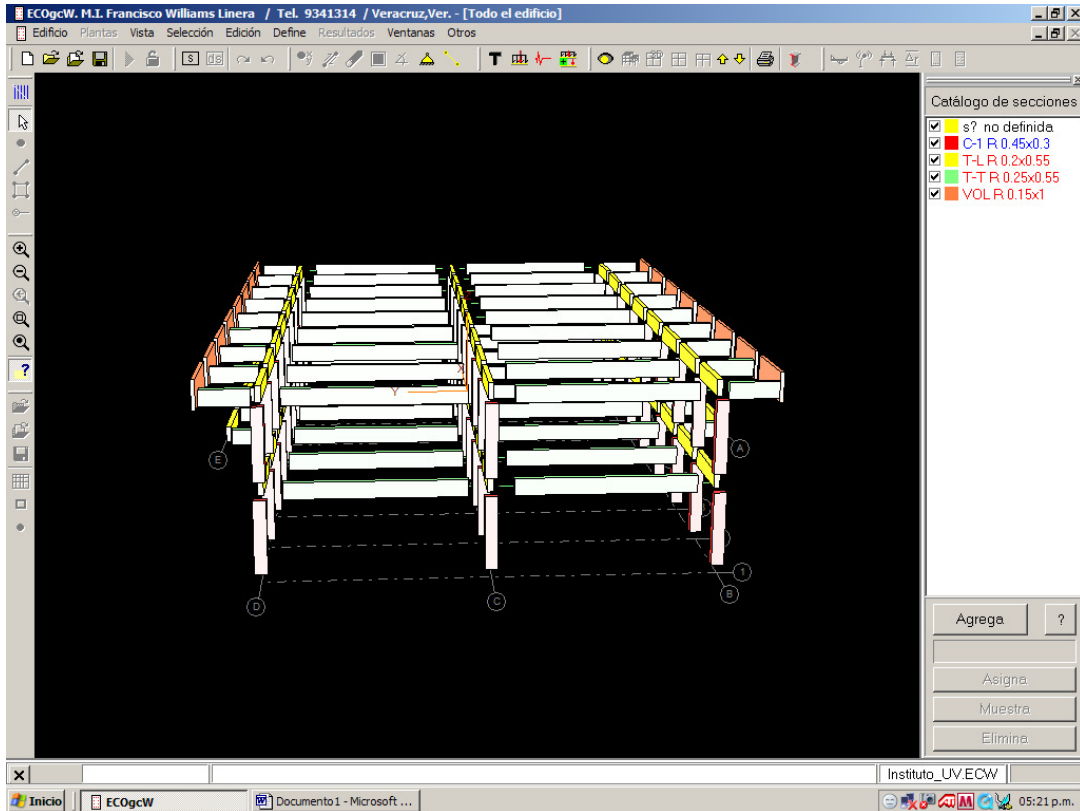


Figura 6.2.1.7 – Modelo con vista extruida.

Para el cuarto paso, se definieron los estados de carga y las combinaciones de las mismas para realizar el análisis dinámico del edificio.

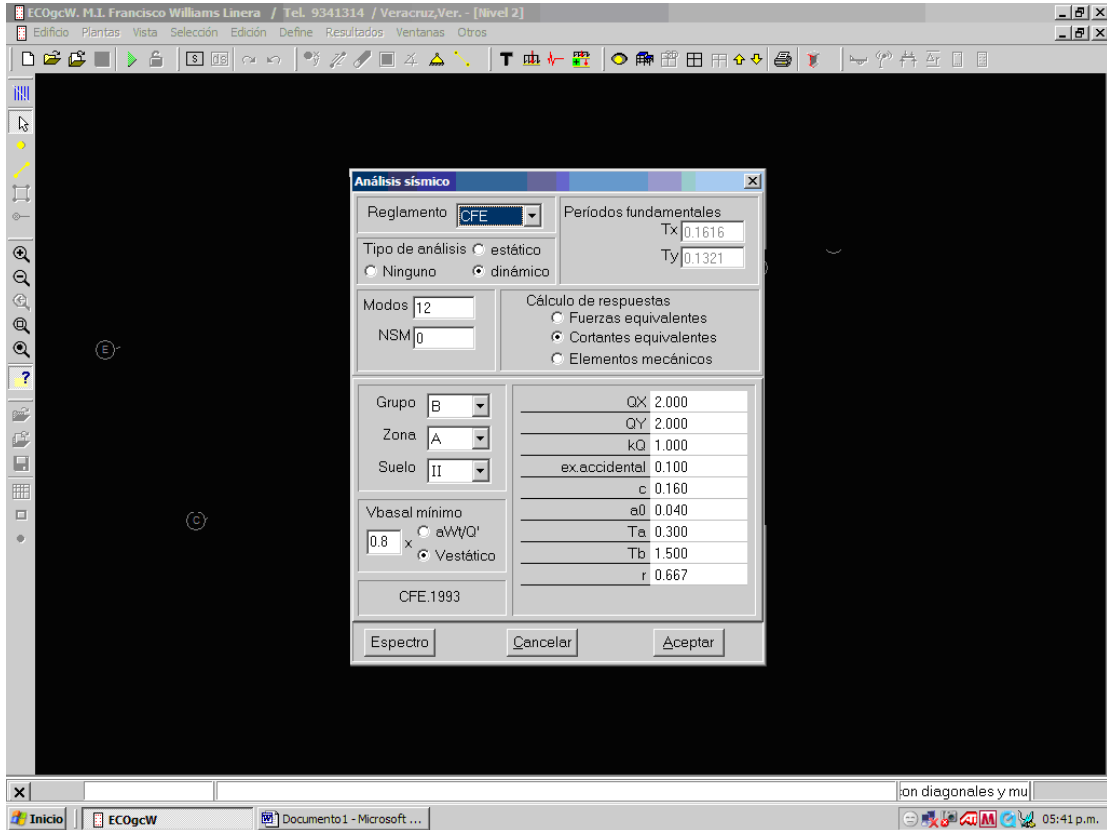


Figura 6.2.1.8 – Parámetros para el análisis sísmico.

El quinto paso fue la obtención de los modos de vibrar del edificio mediante un análisis dinámico.

Resultados obtenidos con el primer modelo:

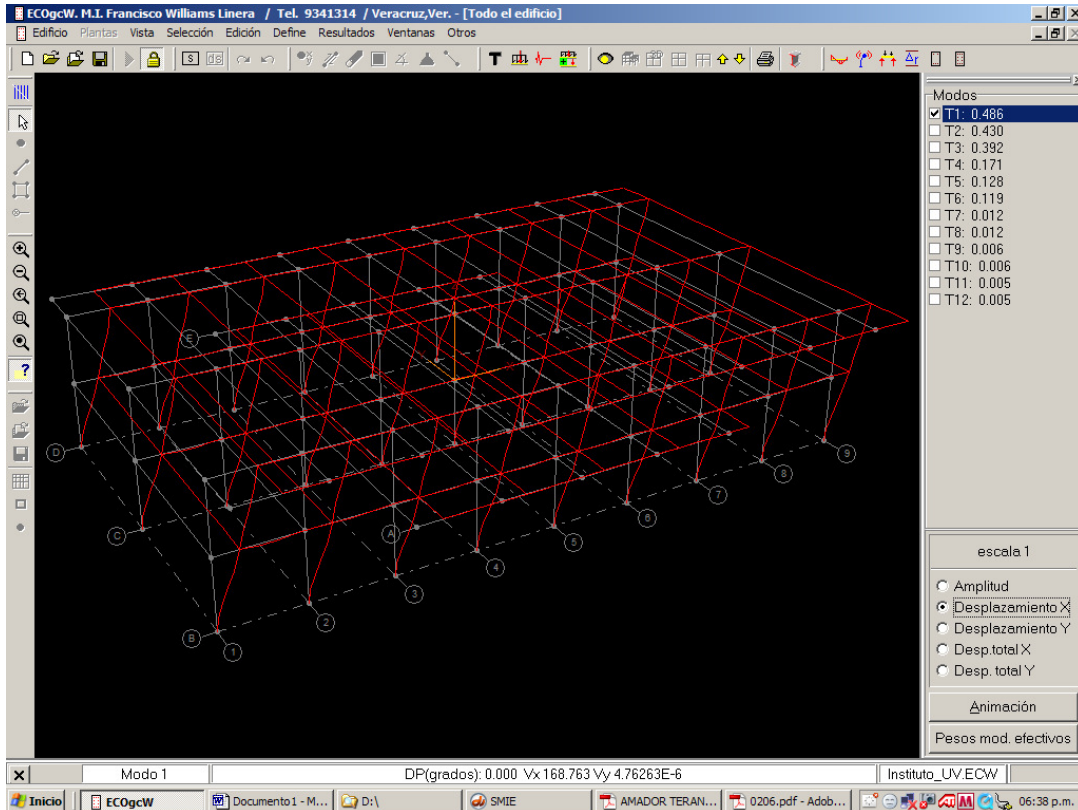


Figura 6.2.1.9 – Resultados sentido longitudinal.

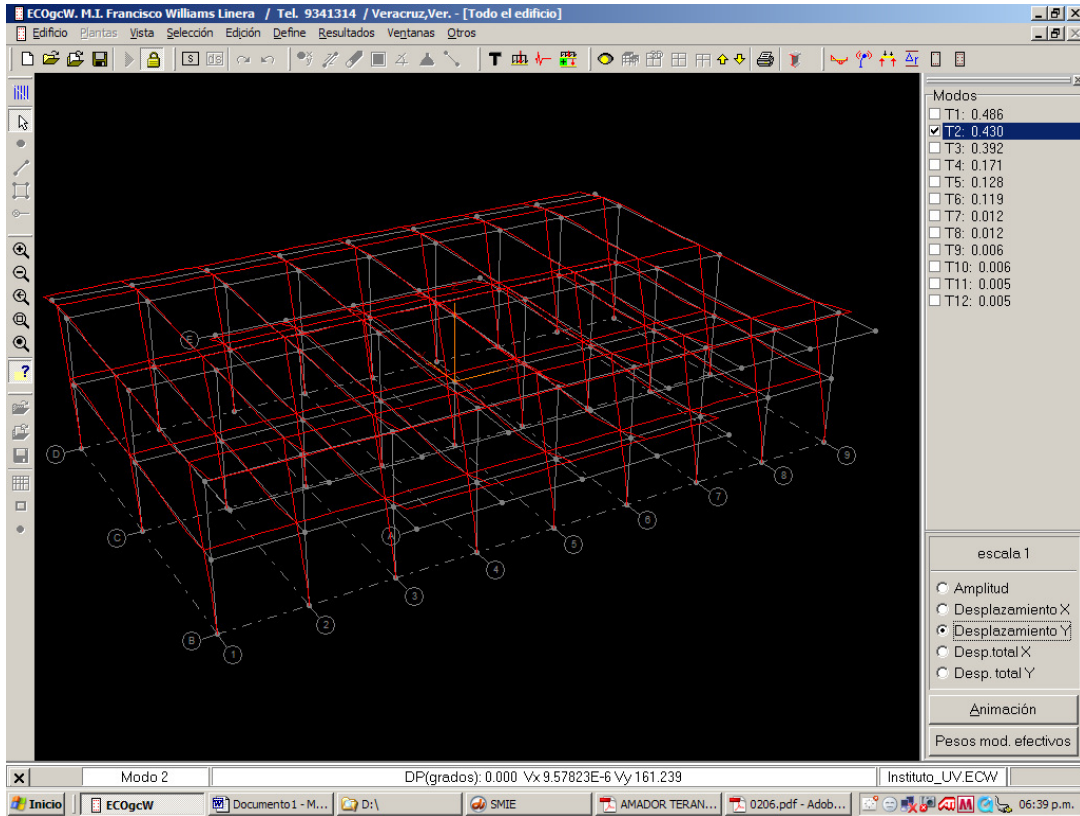


Figura 6.2.1.10 – Resultados sentido transversal.

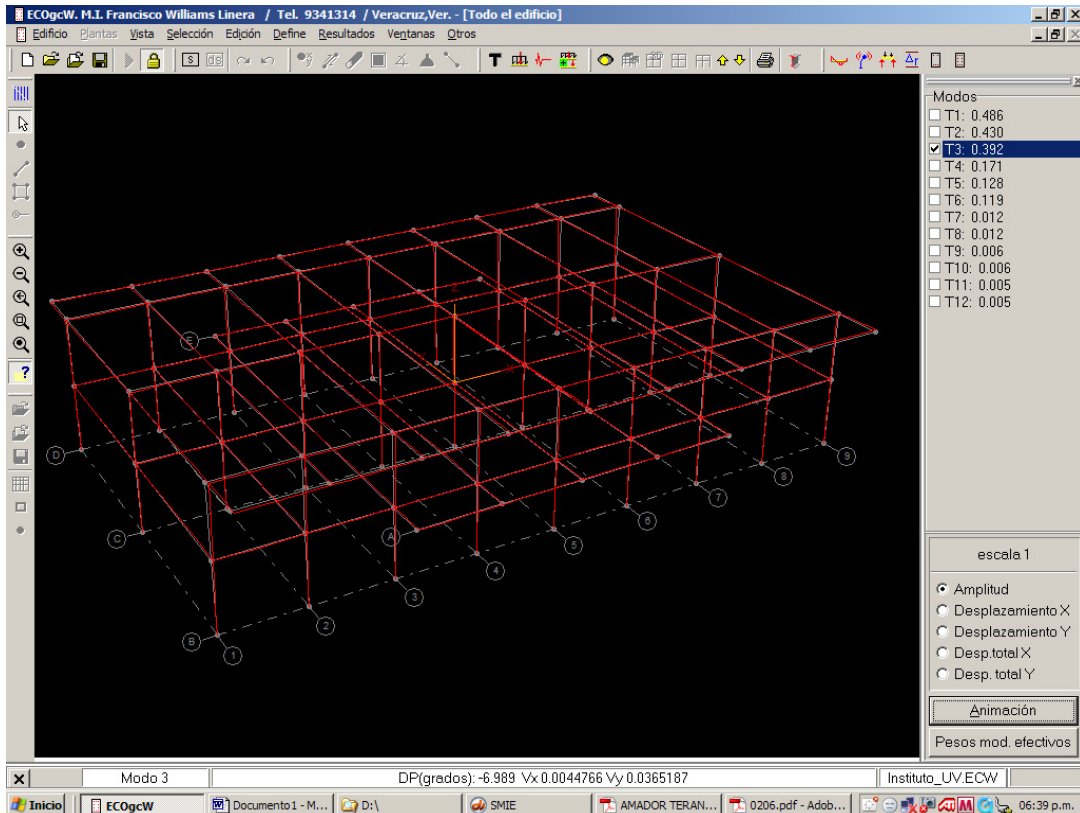


Figura 6.2.1.11 – Resultados torsión.

6.2.2.- Estructura con muros rigidizantes (Modelo 2)

Como parte del perfeccionamiento de los métodos empleados para el modelado y debido a los desalentadores resultados del primer modelo, en el que se mostraba una estructura sumamente flexible; se examinó la posibilidad de incluir en el modelo reticular mostrado en el capítulo anterior, los muros existentes en el edificio, esperando que contribuyeran a la rigidez de la estructura, reduciendo el periodo.

Para que se anexaran los muros en un segundo modelo, se decidió utilizar el método de la diagonal equivalente, método que se puede consultar en el apéndice *B Método de la diagonal equivalente*.

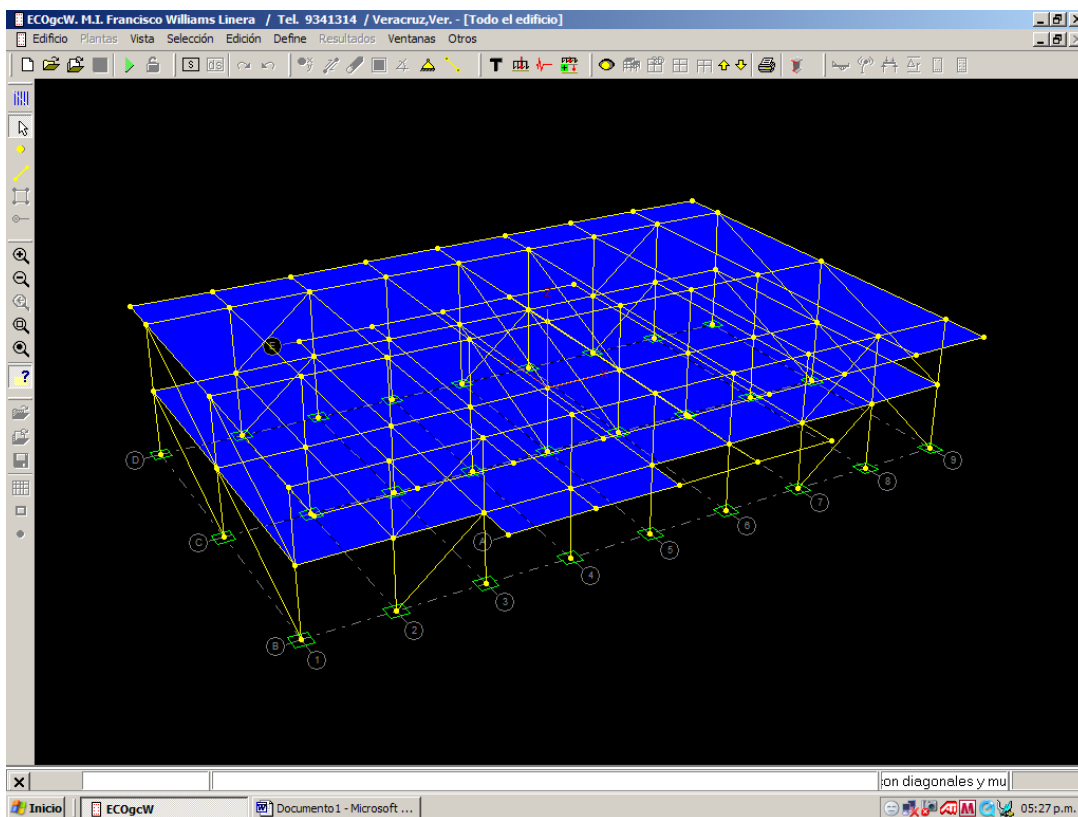


Figura 6.2.2.1 – Modelo aplicando el método de la diagonal equivalente

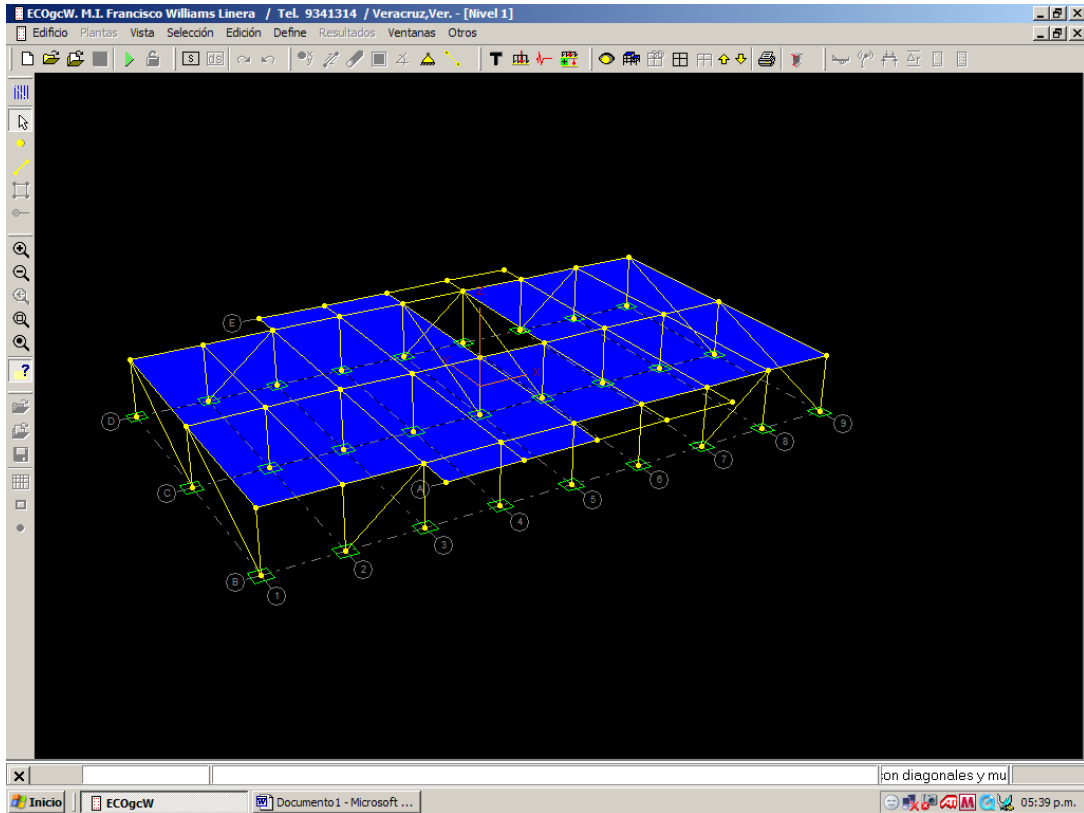


Figura 6.2.2.2 – Planta baja del edificio

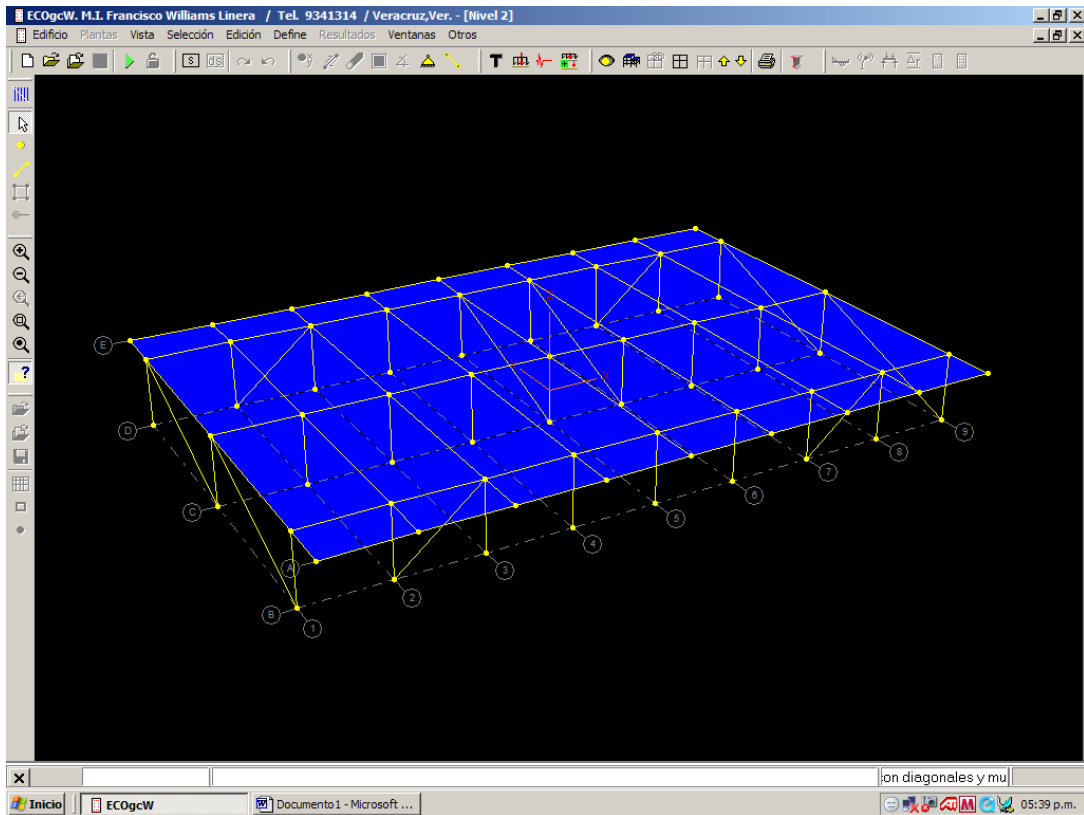


Figura 6.2.2.3 – Planta alta

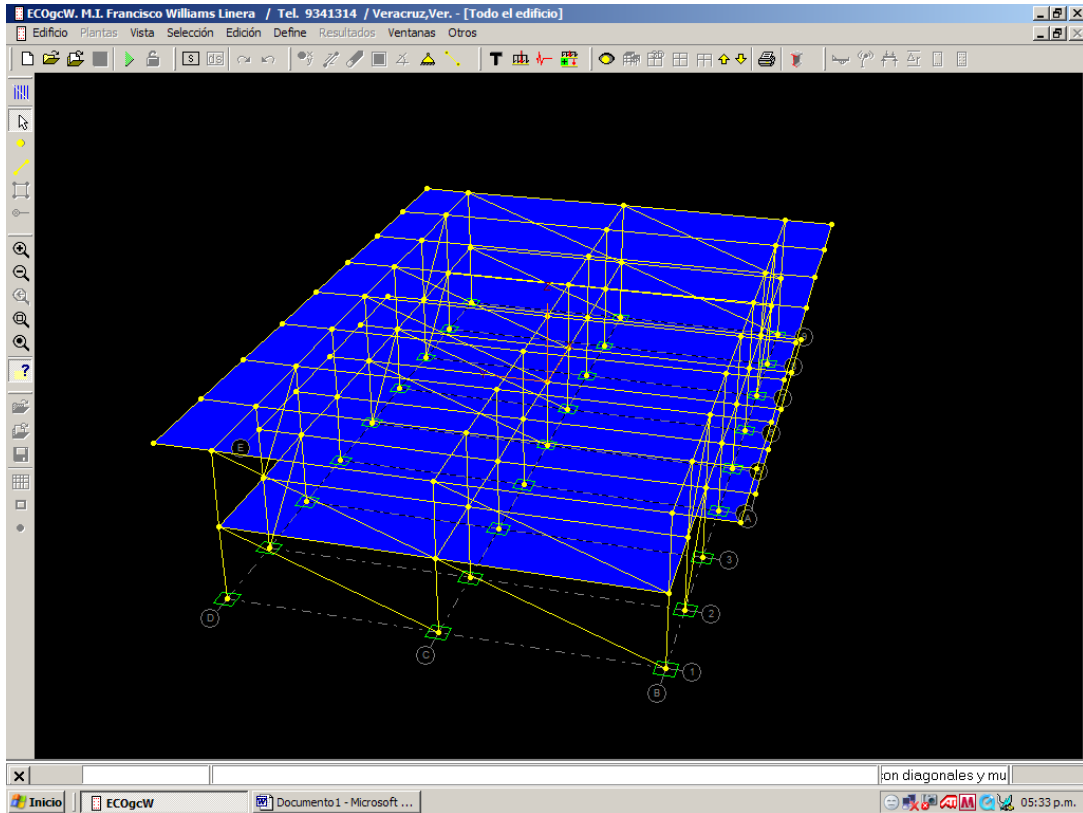


Figura 6.2.2.4 – Diagonales en el modelo del edificio.

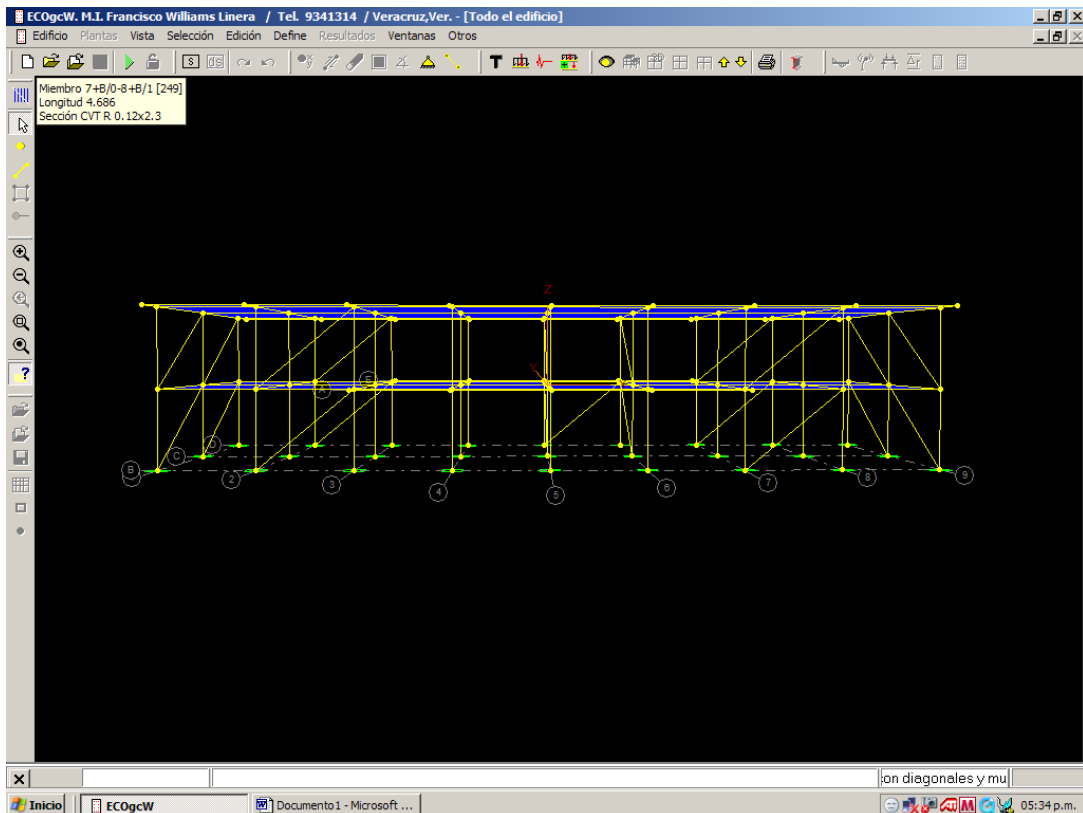


Figura 6.2.2.5 – Diagonales en el modelo.

Las diagonales representan a los muros existentes en el edificio. Se tomaron todas y cada una de las diagonales y se calculó su sección transversal, como si fuera una viga ó una columna, siguiendo el método de la diagonal equivalente, obteniendo los siguientes elementos:

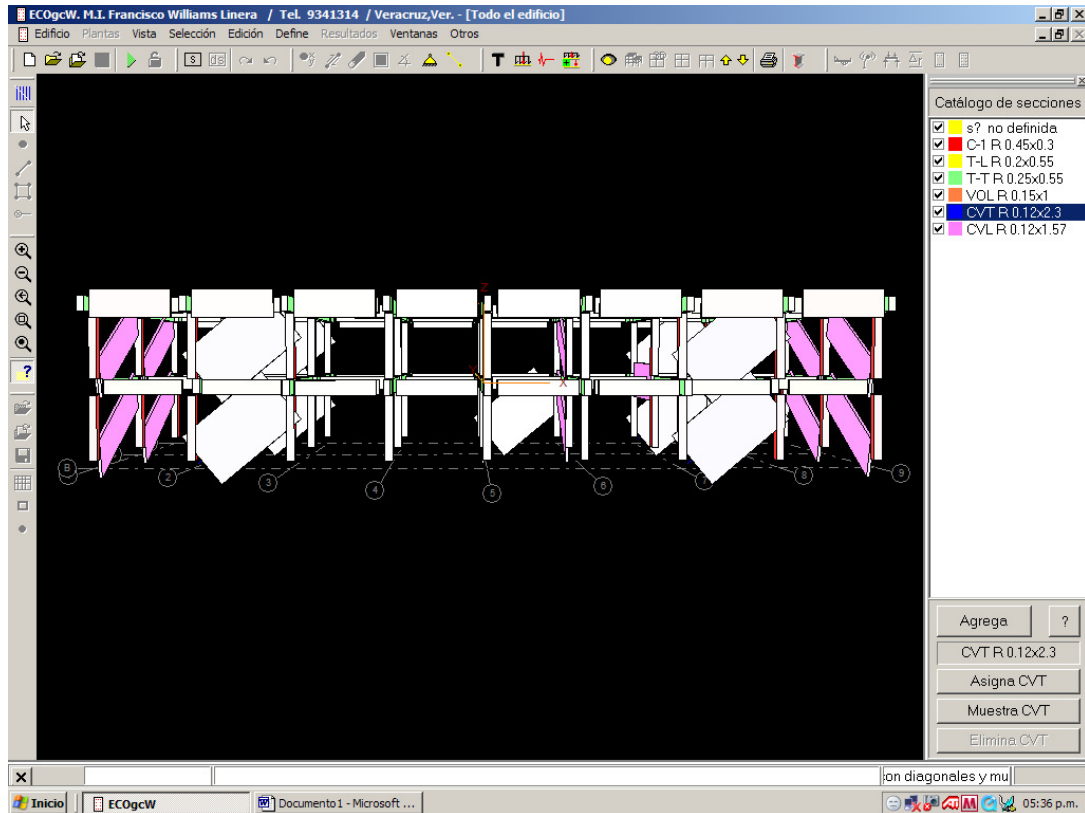


Figura 6.2.2.6 – Método de la diagonal equivalente

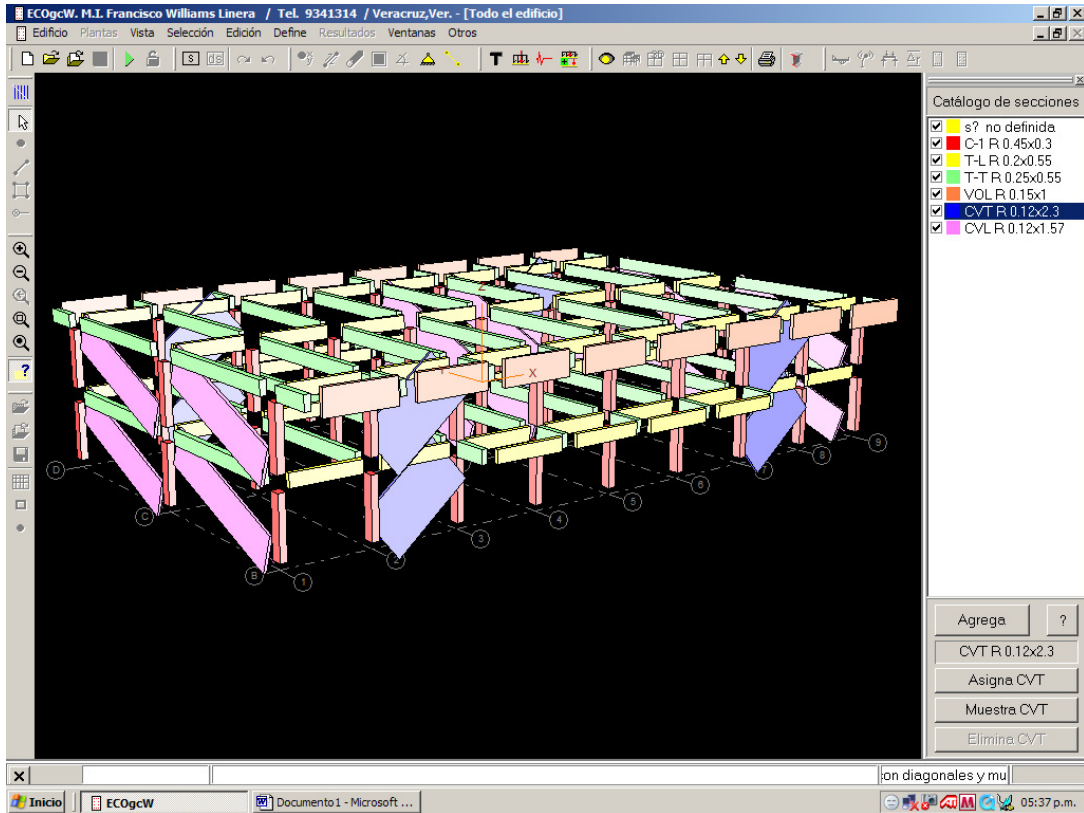


Figura 6.2.2.7 – Diagonales equivalentes

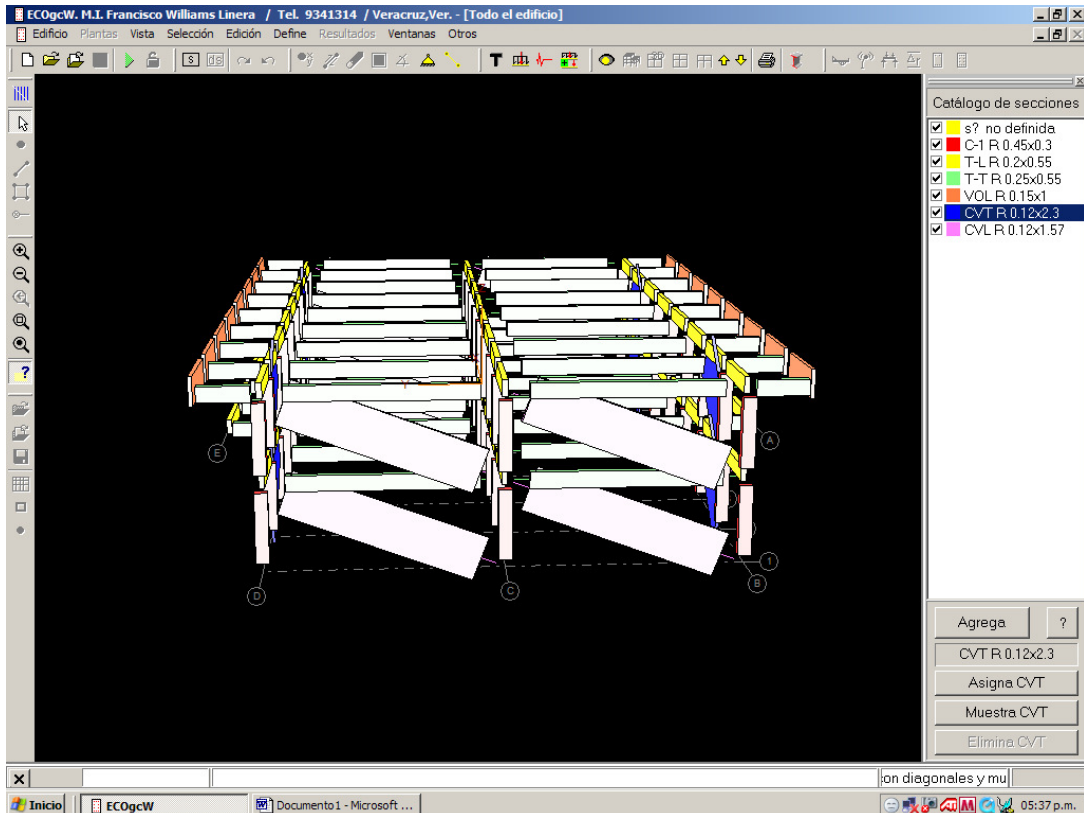


Figura 6.2.2.8 – Diagonales equivalentes

Una vez perfeccionado y concluido el segundo modelo, se realizó el análisis dinámico de la estructura, obteniendo los siguientes periodos en cada modo:

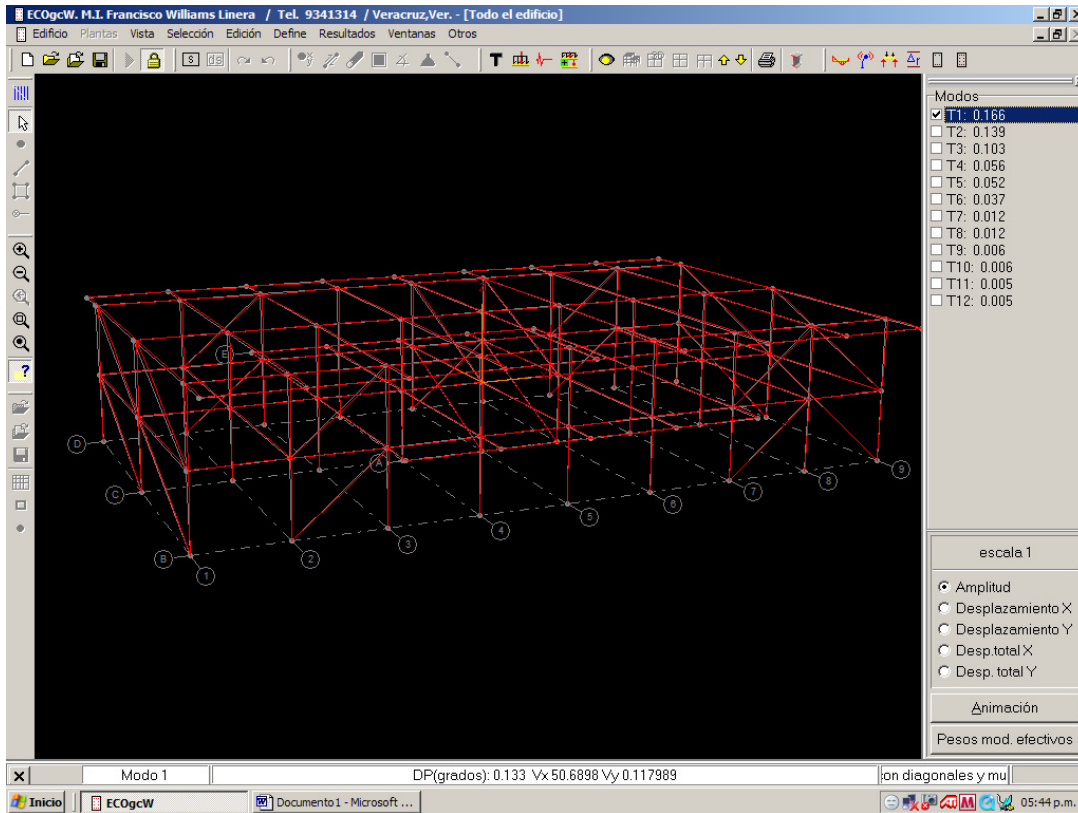


Figura 6.2.2.9 – Periodo para el sentido Longitudinal

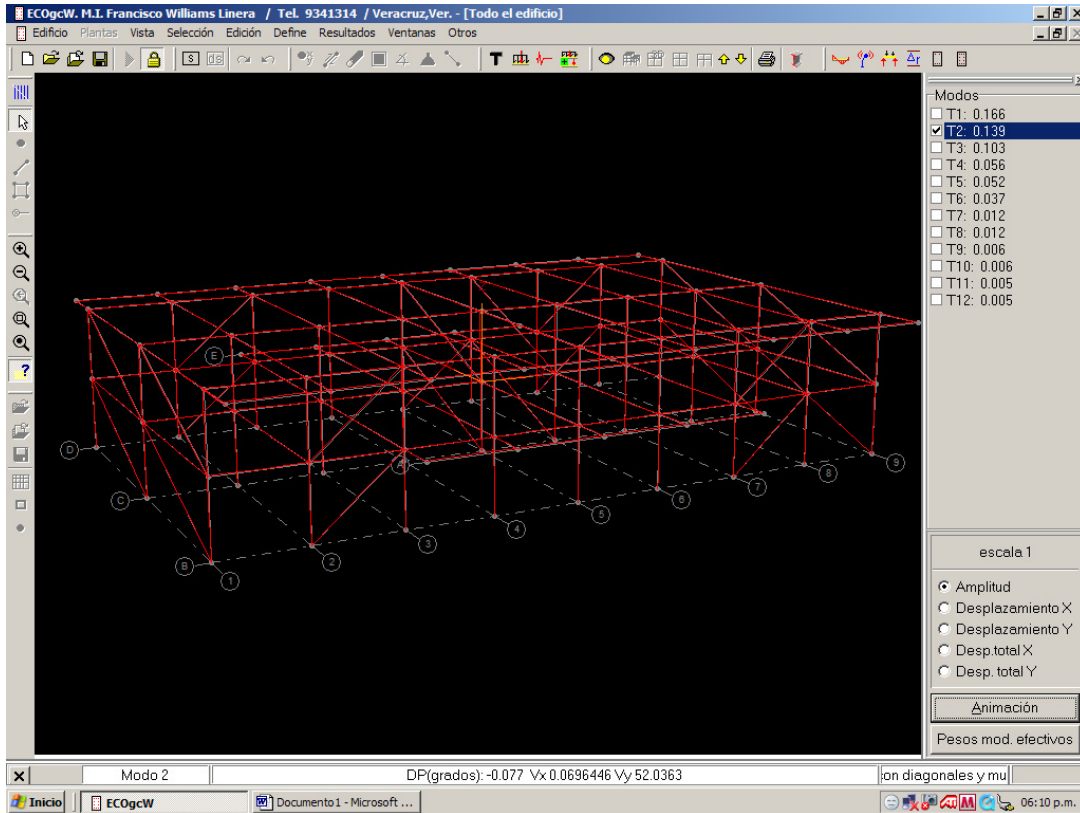


Figura 6.2.2.10 – Periodo para el sentido transversal

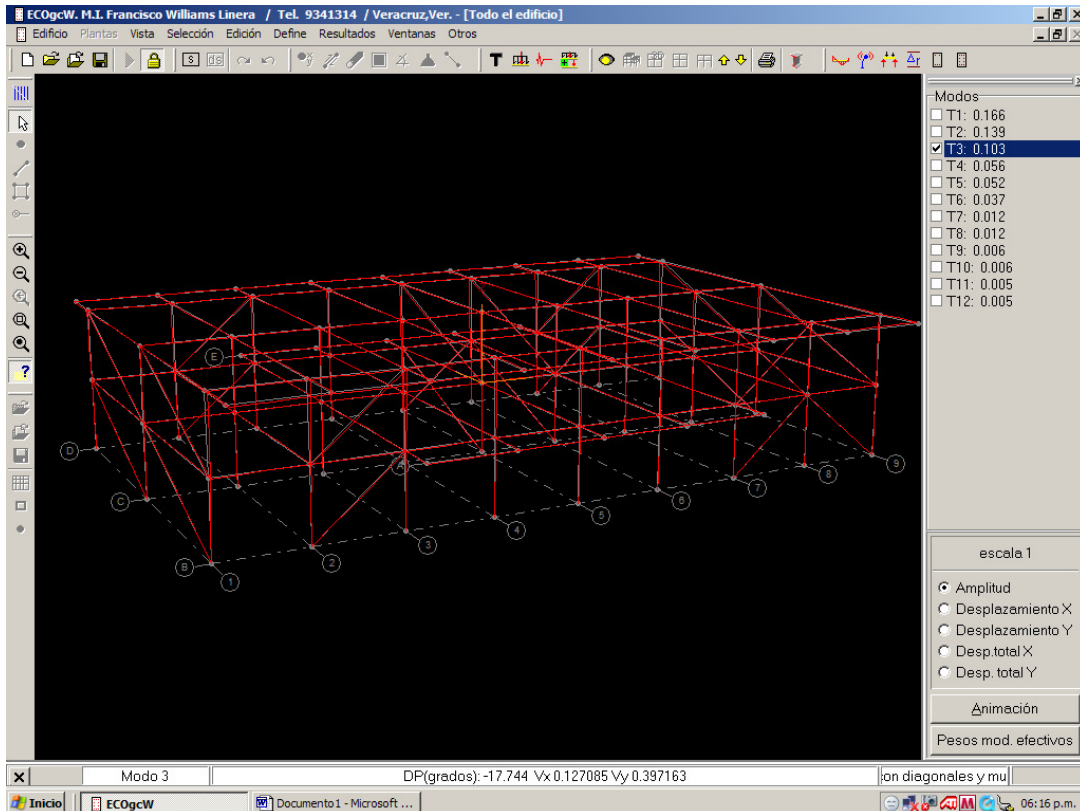


Figura 6.2.2.11 – Periodo para torsión

6.2.2.1- Calibrado del Modelo con muros rigidizantes

Después de realizar los dos modelos del edificio, se observó que el primero (estructura reticular) arrojaba como resultado periodos muy grandes, comparados con los obtenidos experimentalmente. Por el contrario, el segundo modelo (con muros rigidizantes) representaba una estructura muy rígida, que incluso, tenía periodos más pequeños que los encontrados experimentalmente.

Se decidió continuar calibrando el modelo matemático del edificio, teniendo como base el segundo modelo, que es el que mejor representaba lo obtenido experimentalmente. El objetivo era aumentar los periodos para los tres sentidos en el modelo. Para ello fué necesario determinar algunas de las posibles causas que afectan al edificio haciéndolo mas flexible.

Debido a las limitaciones del estudio realizado, se propusieron las siguientes causas:

- 1) Uso de concreto de clase 2, no de clase 1, en la construcción del edificio.
- 2) Aportación de la losa para resistir fuerzas de compresión, generando así una viga T, en el caso de haberse colado monolíticamente con las trabes.
- 3) Porcentaje del Momento de inercia de la sección bruta, utilizado para el cálculo de la rigidez en elementos estructurales.

Considerando lo anterior, se elaboraron los siguientes modelos analíticos que contemplan las combinaciones posibles de las tres observaciones señaladas:

Tabla 6.2.2.1.1 – Modelos para calibrar el análisis.

| | | | | |
|--|--|---------------------------------------|------------|-----------|
| Modelo matemático con muros rigidizantes | concreto $f'_c = 250 \text{ kg/cm}^2$ | secciones rectangulares | 100% I_g | Modelo 2 |
| | | | 50% I_g | Modelo 3 |
| | | secciones T | 100% I_g | Modelo 4 |
| | | | 50% I_g | Modelo 5 |
| | | Promedio de secciones T y rectangular | 100% I_g | Modelo 6 |
| | | | 50% I_g | Modelo 7 |
| | concreto $f'_c = 200 \text{ kg/cm}^2$ | secciones rectangulares | 100% I_g | Modelo 8 |
| | | | 50% I_g | Modelo 9 |
| | | secciones T | 100% I_g | Modelo 10 |
| | | | 50% I_g | Modelo 11 |
| | | Promedio de secciones T y rectangular | 100% I_g | Modelo 12 |
| | | | 50% I_g | Modelo 13 |

En la tabla 6.2.2.1.1 se observan las 12 combinaciones posibles.

Se enumeraron a partir del Modelo 2, ya que la primer combinación generada en la tabla, tiene las características con las que se hizo el Modelo 2, que se explicó en el capítulo 6.2.2.

Para cada modelo se hicieron las modificaciones señaladas y los resultados obtenidos fueron los siguientes:

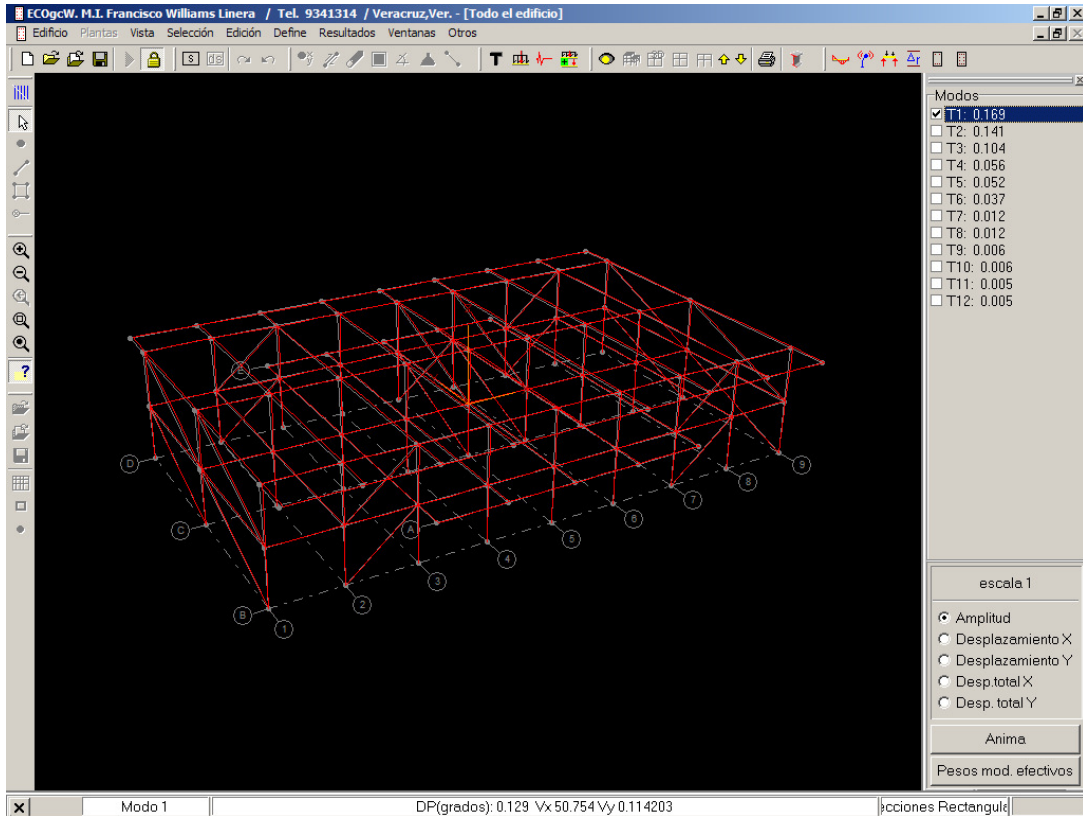


Figura 6.2.2.1.1 - Resultados del Modelo 3

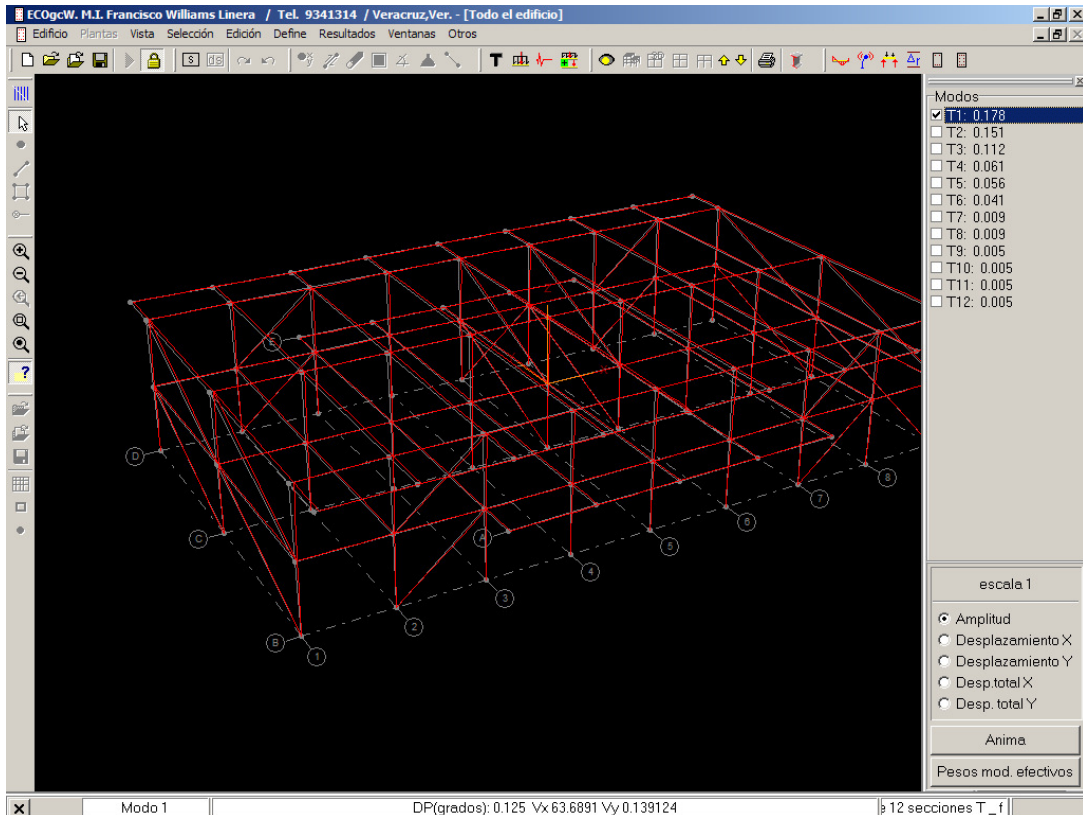


Figura 6.2.2.1.2 - Resultados del Modelo 4

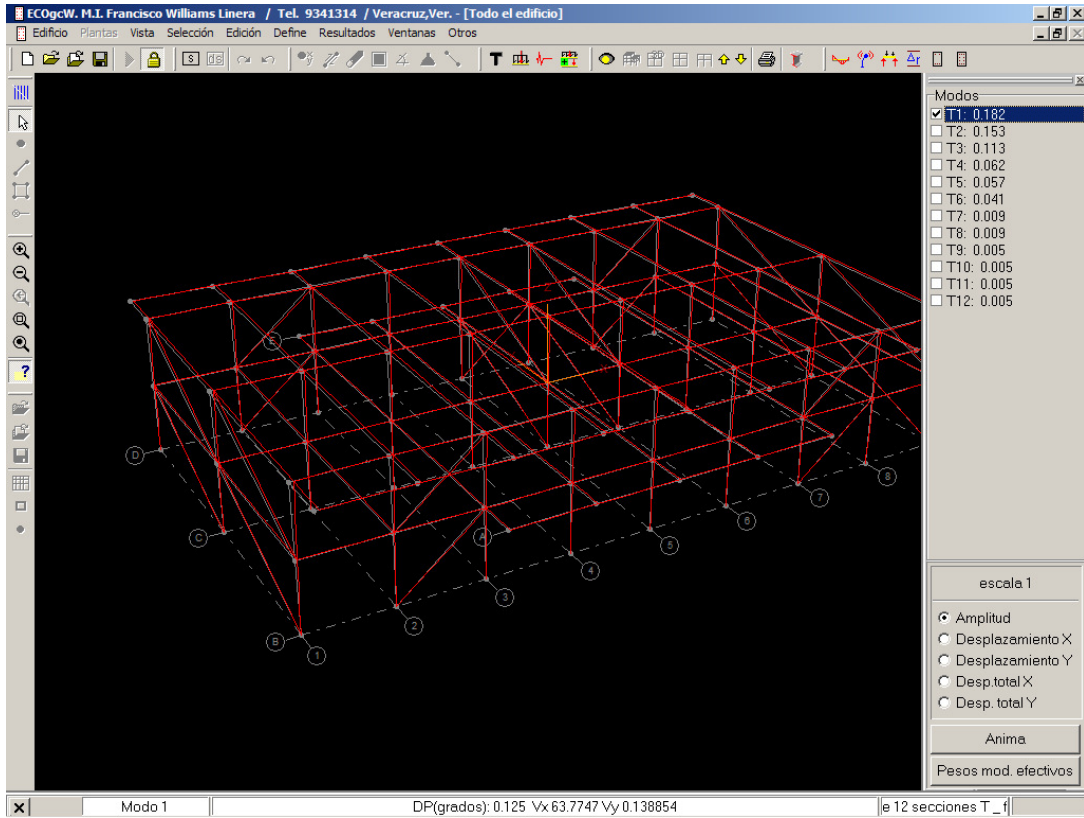


Figura 6.2.2.1.3 - Resultados del Modelo 5

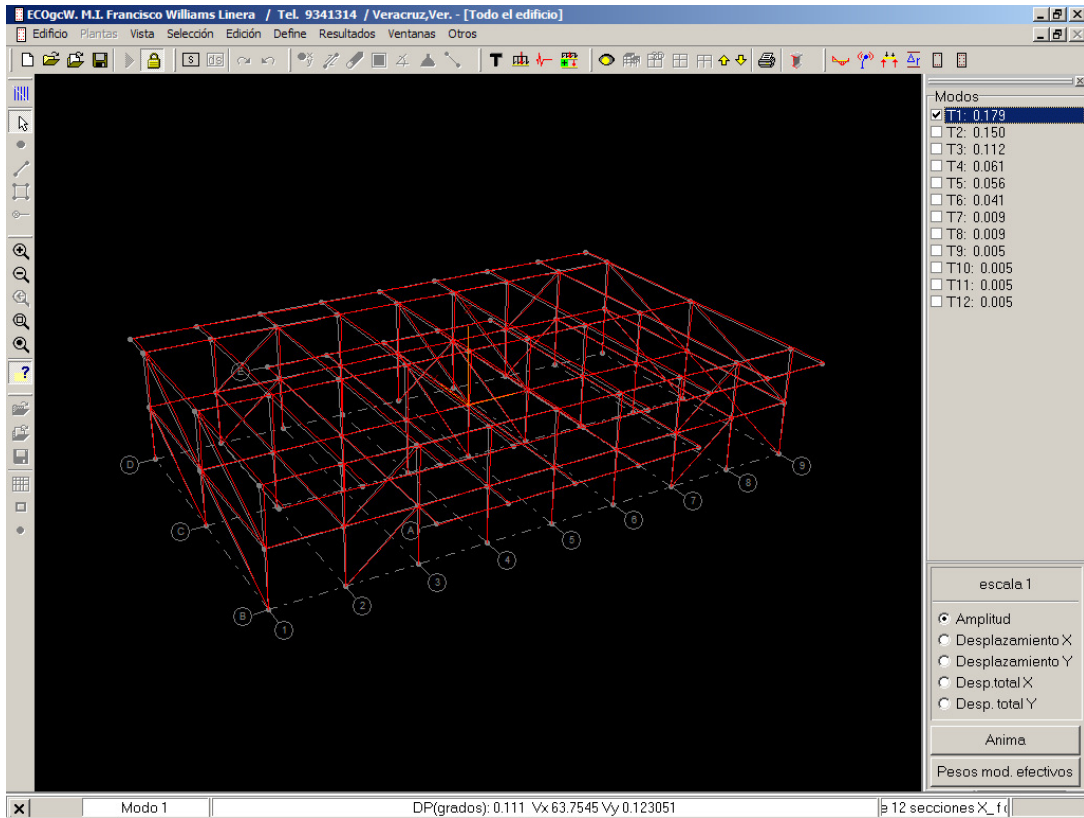


Figura 6.2.2.1.4 - Resultados del Modelo 6

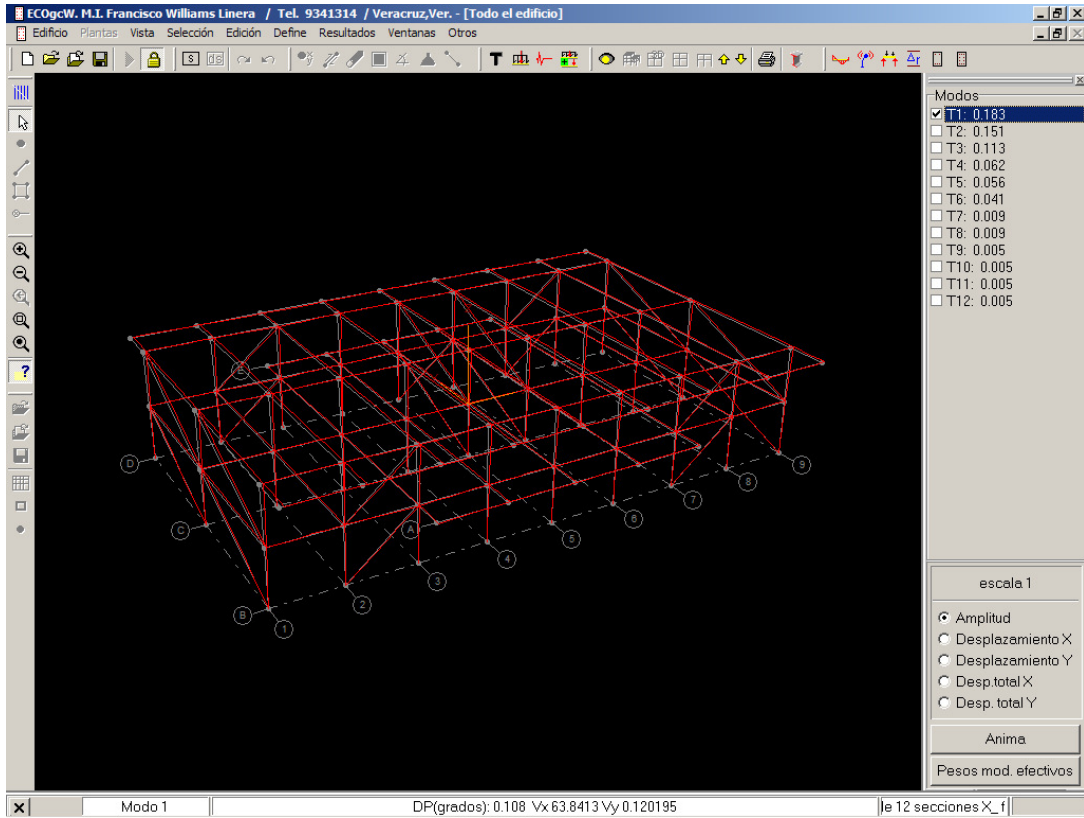


Figura 6.2.2.1.5 - Resultados del Modelo 7

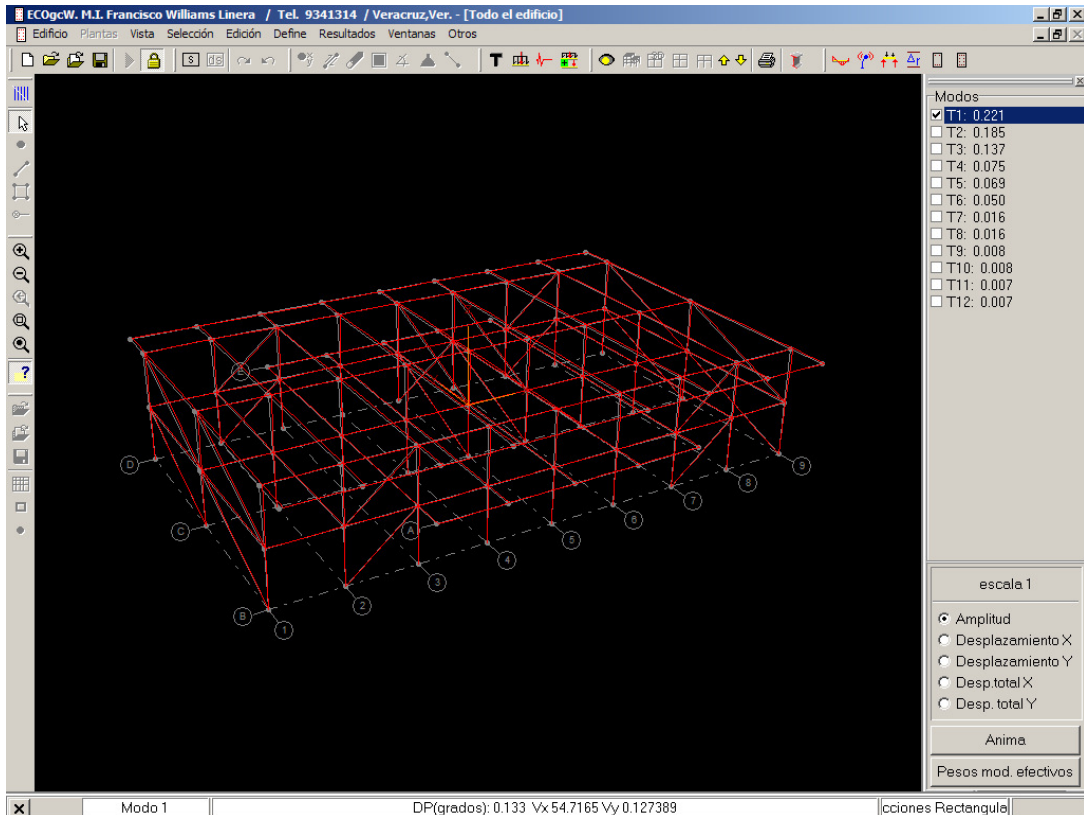


Figura 6.2.2.1.6 - Resultados del Modelo 8

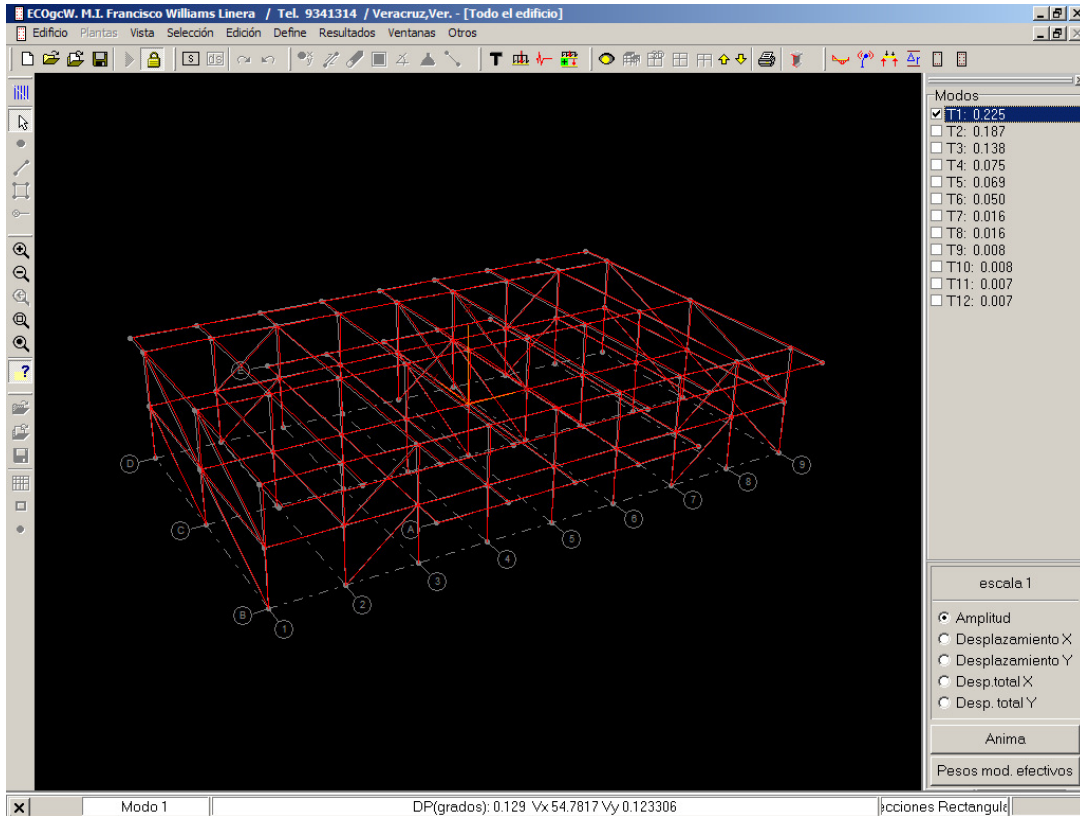


Figura 6.2.2.1.7 - Resultados del Modelo 9

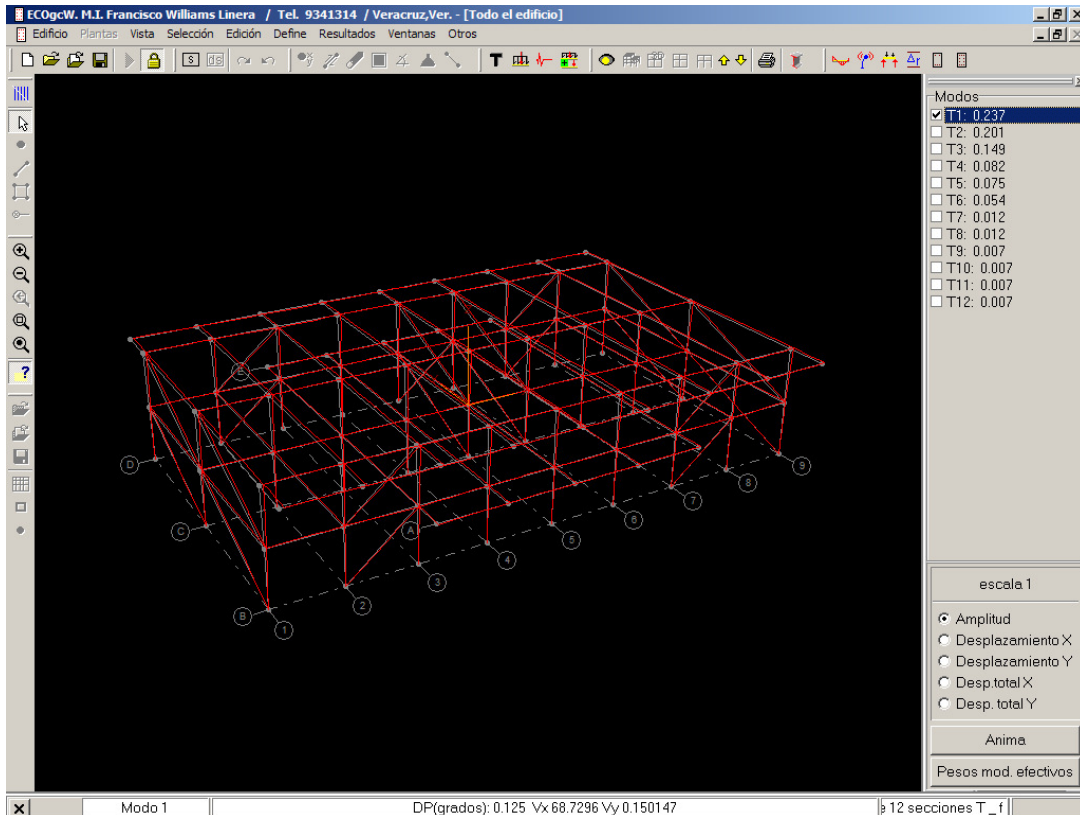


Figura 6.2.2.1.8 - Resultados del Modelo 10

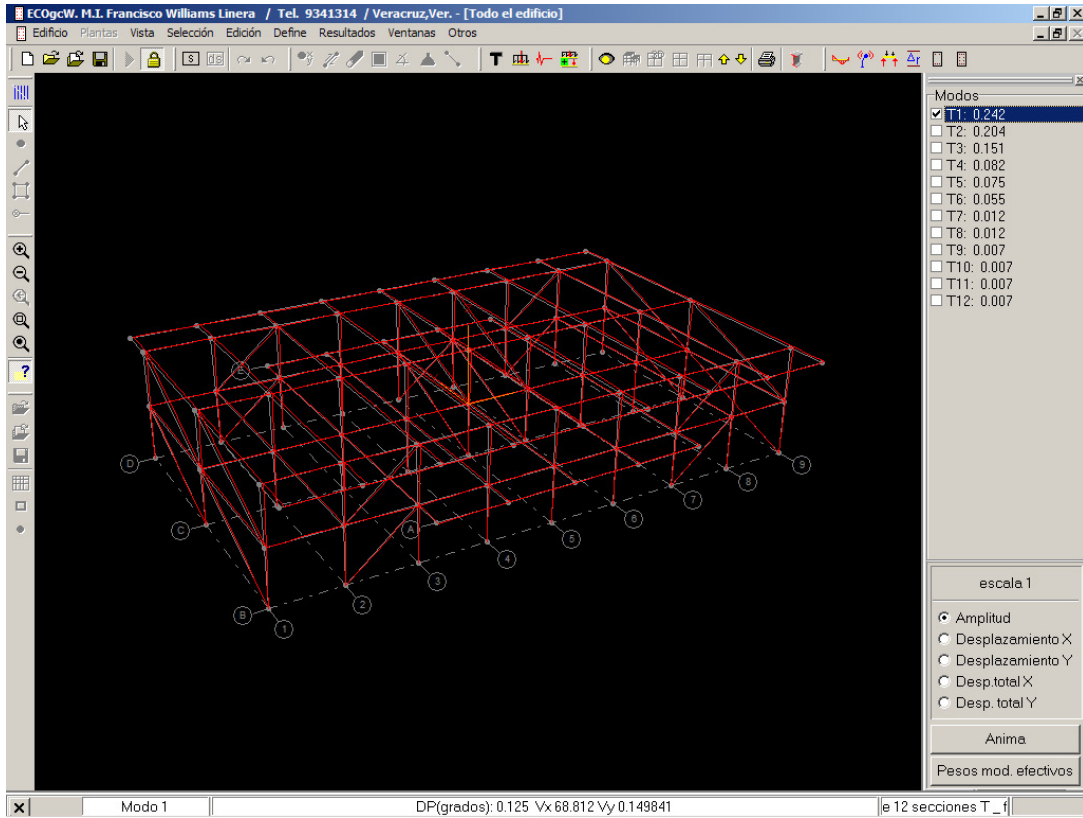


Figura 6.2.2.1.9 - Resultados del Modelo 11

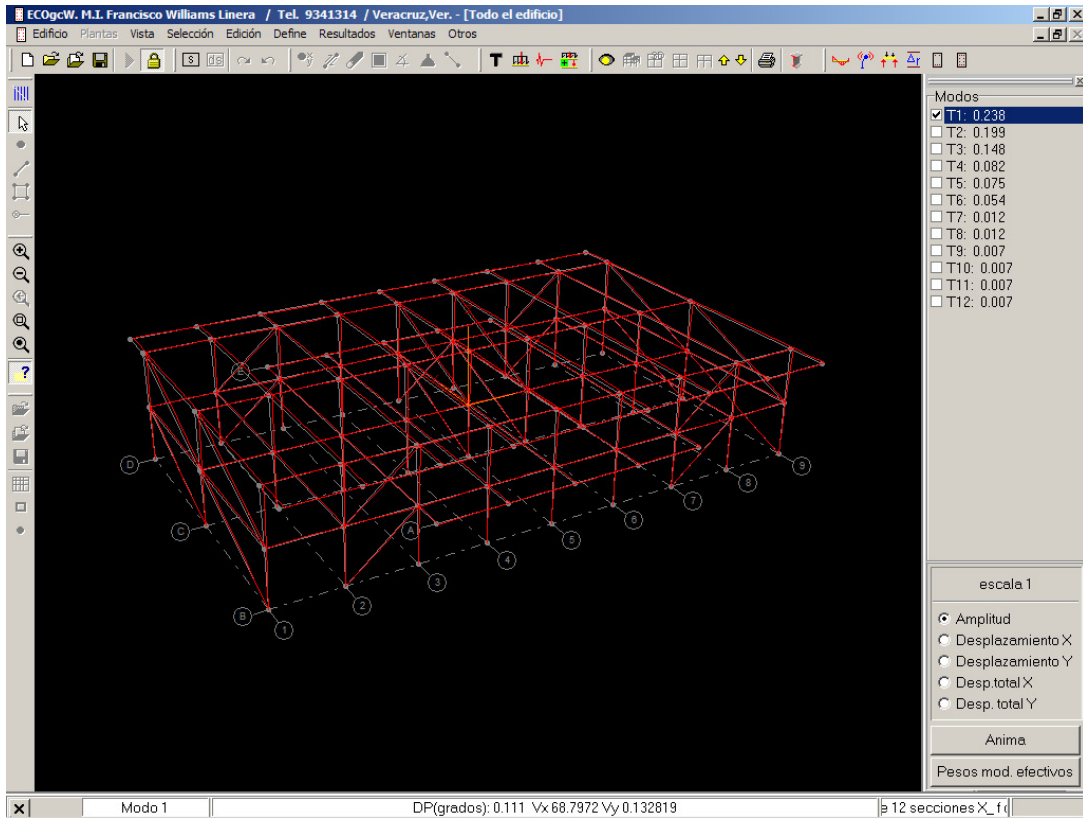


Figura 6.2.2.1.10 - Resultados del Modelo 12

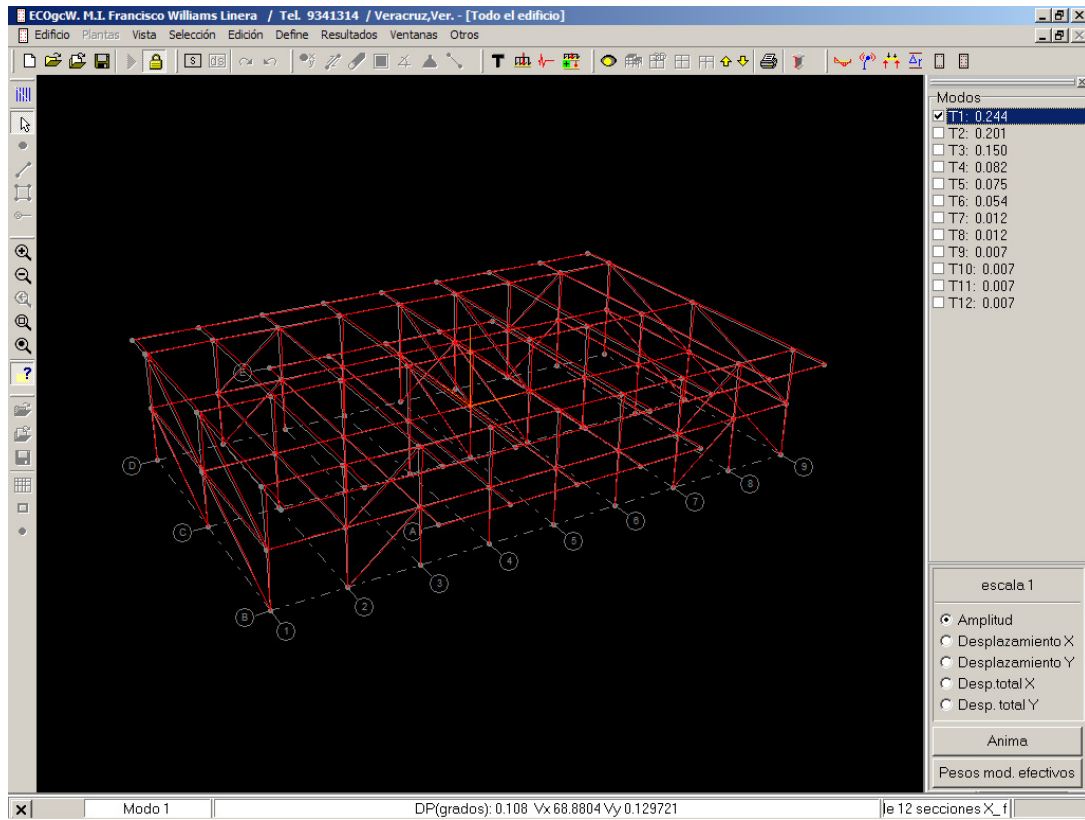


Figura 6.2.2.1.11 - Resultados del Modelo 13

7.- Análisis comparativo Teórico-Experimental

Las siguientes tablas muestran la comparación de resultados entre el método experimental y método analítico.

La columna “Método Experimental” hace referencia a los resultados encontrados después de procesar los registros generados con el ETNA.

Las otras trece columnas hacen referencia a los resultados calculados con los modelos elaborados en ECO gcW.

Las Tablas 7.1.a y 7.1.b muestran los datos obtenidos en función del periodo (T) y las Tablas 7.2.a y 7.2.b muestran los mismos resultados pero en función de la frecuencia. El resultado es el mismo, pues el periodo es el inverso de la frecuencia, pero se presenta de las dos formas para una mejor apreciación.

Resultados expresados en periodo “T” (seg)

Tabla 7.1.a - Resultados expresados en Periodo.

| Periodo T (seg.) | Método Experimental | Modelo 1 | Modelo 2 | Modelo 3 | Modelo 4 | Modelo 5 | Modelo 6 |
|------------------|---------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Longitudinal | 0.208 | 0.486 | 0.166 | 0.169 | 0.178 | 0.182 | 0.179 |
| Transversal | 0.175 | 0.430 | 0.139 | 0.141 | 0.151 | 0.153 | 0.150 |
| Torsional | 0.222 | 0.392 | 0.103 | 0.104 | 0.112 | 0.113 | 0.112 |

Tabla 7.1.b - Resultados expresados en Periodo.

| Periodo T (seg.) | Modelo 7 | Modelo 8 | Modelo 9 | Modelo 10 | Modelo 11 | Modelo 12 | Modelo 13 |
|------------------|----------|--------------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Longitudinal | 0.183 | 0.221 | 0.225 | 0.237 | 0.242 | 0.238 | 0.244 |
| Transversal | 0.151 | 0.185 | 0.187 | 0.201 | 0.204 | 0.199 | 0.201 |
| Torsional | 0.113 | 0.137 | 0.138 | 0.149 | 0.151 | 0.148 | 0.150 |

Resultados expresados en Frecuencia (Hz).

Tabla 7.2.a - Resultados expresados en frecuencia.

| Frecuencia (Hz) | Método Experimental | Modelo 1 | Modelo 2 | Modelo 3 | Modelo 4 | Modelo 5 | Modelo 6 |
|------------------------|---------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Longitudinal | 4,808 | 2,058 | 6,024 | 5,917 | 5,618 | 5,495 | 5,587 |
| Transversal | 5,714 | 2,326 | 7,194 | 7,092 | 6,623 | 6,536 | 6,667 |
| Torsional | 4,505 | 2,551 | 9,709 | 9,615 | 8,929 | 8,850 | 8,929 |

Tabla 7.2.b - Resultados expresados en frecuencia.

| Frecuencia (Hz) | Modelo 7 | Modelo 8 | Modelo 9 | Modelo 10 | Modelo 11 | Modelo 12 | Modelo 13 |
|------------------------|----------|--------------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Longitudinal | 5,464 | 4,525 | 4,444 | 4,219 | 4,132 | 4,202 | 4,098 |
| Transversal | 6,623 | 5,405 | 5,348 | 4,975 | 4,902 | 5,025 | 4,975 |
| Torsional | 8,850 | 7,299 | 7,246 | 6,711 | 6,623 | 6,757 | 6,667 |

Con referencia a las tablas 7.1.a, 7.1.b, 7.2.a y 7.2.b podemos observar lo siguiente:

El modelo que más se aproxima a los periodos reales del edificio es el modelo 8, en el que se aprecia una variación de 6% respecto a los periodos reales para las direcciones Longitudinal y Transversal. Este modelo contempla e incluye los muros de mampostería existentes y un concreto $f'c = 200\text{kg/cm}^2$ para todos los miembros estructurales. Además, considera las secciones de las trabes como secciones rectangulares, despreciando el patín teórico que se forma cuando la losa y las trabes son coladas monolíticamente. Para el cálculo de la rigidez de las trabes, se utiliza el 100% de la sección gruesa en este modelo.

Se observa un cambio sustancial en la rigidez que tienen los modelos 2 al 7 y los modelos 8 al 13, estos últimos son más flexibles y ello se debe a la resistencia a la compresión del concreto que se tomó en cuenta para modelar.

Por otra parte, se observa que al utilizar el 100% del momento de inercia de la sección gruesa para el cálculo de las rigideces de las trabes, se obtiene un modelo aproximadamente 1% más rígido que el mismo utilizando solo el 50% de I_g .

8.- Conclusiones y Recomendaciones.

Con el trabajo expuesto, se han obtenido los periodos para el primer modo de vibrar de un edificio de 2 niveles de manera experimental, con ayuda de un Acelerógrafo y software de cómputo.

El desarrollo del presente estudio ha permitido diseñar y calibrar el modelo analítico correspondiente a un edificio, para calcular los periodos del mismo, de manera teórica con un análisis dinámico.

1.- La rigidez que aportan los muros en una estructura, es de suma importancia, reduciendo el periodo de la misma de manera drástica. En los resultados obtenidos en los 2 primeros modelos calculados, se aprecia que el modelo que contempla muros en la estructura, es 292% más rígido que el modelo reticular (modelo sin muros).

2.- El análisis para la torsión es inconsistente, ya que todos los modelos realizados, ofrecen para este sentido, un periodo aproximadamente 2 veces menor al calculado experimentalmente. Es posible que esto deba a que el software en el que se modeló el edificio, considera los tableros infinitamente rígidos. Para el análisis de torsión es recomendable utilizar el método del elemento finito para modelar las losas.

3.- El perfeccionamiento del modelo matemático de una estructura, está sujeto a diversas y cuantiosas variables. En este caso, al incluir los muros en el modelo, se obtuvo en el análisis dinámico un resultado mas aproximado a la realidad experimental en lo que refiere a los periodos de vibrar, sin embargo, estructuralmente esto implica una serie de nuevas revisiones, pues los momentos y cortantes también cambiarían con la existencia de muros.

4.- No hay que pasar por alto la realización de un estudio instrumental de este tipo después de ocurrido un sismo, esto para saber en que condiciones quedó la edificación. Pero haciendo hincapié en que “es mejor prevenir que lamentar”, en edificios nuevos, es recomendable realizar el estudio de las propiedades dinámicas, al término de la construcción de éste, para saber si la edificación responde de la manera esperada según el diseño.

También es aconsejable realizar este tipo de estudios, en edificios de carácter histórico, ó edificaciones importantes de acuerdo a su uso, para determinar si es necesario un reforzamiento en la estructura.

Bibliografía.

Bazán E. y Roberto Méli, (2003). “Diseño sísmico de edificios”. Editorial Limusa S.A. de C.V. México DF. Sexta reimpresión.

F. Aguilar y M. Juárez. “Respuesta sísmica teórica y experimental de un edificio instrumentado”. Memoria del XI congreso nacional de ingeniería sísmica, Veracruz, Ver. México, 1997. p 915-929

José Alberto Escobar y José Pablo García Paredes “Ubicación de instrumentos sísmicos en estructuras para evaluar cambios en sus características dinámicas”. Memoria del XI congreso nacional de ingeniería sísmica, Veracruz, Ver. México, 1997. p 924-935.

M. Ruiz-Sandoval, M. Ramírez-centeno y H. Felix “Estudio experimental y analítico de las propiedades dinámicas de un modelo metálico de cuatro niveles”. Memoria del XI congreso nacional de ingeniería sísmica, Veracruz, Ver. México, 1997. p 873-882.

R. Quaas, M Ortega, A Montalvo, E Guevara. “Instrumentación Sísmica del edificio del IMP”. Memoria del XI congreso nacional de ingeniería sísmica, Veracruz, Ver. México, 1997. p 899-909.

R. Duran, M. Ordaz y R. Meli. “Respuesta Sísmica de la catedral metropolitana de la ciudad de México”. Memoria del XI congreso nacional de ingeniería sísmica, Veracruz, Ver. México, 1997. P 905-912

RCDF (2004) “Normas Técnicas Complementarias Sobre Criterios Y Acciones Para El Diseño Estructural De Las Edificaciones del Reglamento de Construcciones del Distrito Federal” Gaceta Oficial del Distrito Federal, 6 de Octubre.

RCDF (2004) “Normas Técnicas Complementarias Para Diseño y Construcción De Estructuras de Mampostería del Reglamento de Construcciones del Distrito Federal” Gaceta Oficial del Distrito Federal, 6 de Octubre.

RCDF (2004) “Normas Técnicas Complementarias Para Diseño y Construcción De Estructuras de Concreto del Reglamento de Construcciones del Distrito Federal” Gaceta Oficial del Distrito Federal, 6 de Octubre.

APENDICE A

ADQUISICIÓN Y PROCESAMIENTO DE DATOS

Apendice A.- Adquisición y procesamiento de datos.

Procedimiento para la obtención de la Función de Transferencia Empírica.

El software DegtraA4 (XP), creado por el Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México, (UNAM). Permite visualizar señales y manipularlas, útil para usar filtros básicos y avanzados, evaluar la coherencia, correlación cruzada, integrar, derivar, calcular espectros de amplitudes de Fourier, mostrar en forma de odograma los registros sísmicos de componentes diferentes, rotar, sumar, restar, corregir línea base de diversas formas y útil para muchos otros aspectos que interesan a sismólogos e ingenieros sísmicos. También es empleado por los ingenieros estructurales que necesitan, por ejemplo, conocer un espectro de resistencia o de desplazamiento de un oscilador de comportamiento bilineal asociado a una demanda de ductilidad prescrita.

El proceso realizado con DegtraA4 (XP) para la obtención de una Función De Transferencia Empírica, se explica a continuación.

1er Paso. Selección de los registros.

El primero de los pasos realizados consiste en seleccionar dos registros del mismo sentido, ya sea longitudinal ó transversal, obtenidos por el ETNA (para fines de esta explicación los llamaremos registro A y registro B).

Punto 3 - Golpe A

- 1) Canal 1 – Dirección Transversal ← Registro A
- 2) Canal 2 – Dirección Longitudinal
- 3) Canal 3 – Z, Profundidad.

Punto 6 - Golpe A

- 1) Canal 1 – Dirección Transversal ← Registro B
- 2) Canal 2 – Dirección Longitudinal
- 3) Canal 3 – Z, Profundidad.

2do Paso. Separación de los registros.

Cada registro corresponde a un acelerograma de 2 minutos de duración, es decir 120 segundos.

Cada registro será cortado en tres partes.

De esta manera, el registro A quedará seccionado de la siguiente manera:

A1, A2 y A3.

Lo mismo para el registro B que se dividirá en:

B1, B2 y B3.

El segmento A1 corresponde a un fragmento de 40 segundos de registro A, y es el espacio que va del segundo 3 al segundo 43.

El segmento A2 corresponde a un fragmento de 40 segundos del registro A, y es el espacio que va del segundo 43 al segundo 83.

El segmento A3 corresponde a un fragmento del registro A, y es el espacio que va del segundo 83 al final del registro, es decir, el segundo 120.

Lo mismo se hace para el registro B.

NOTA: Los primeros 3 segundos de cada registro se desprecian debido a que suelen estar contaminados por exceso de ruido ocasionado por el golpe en el suelo, utilizado para la activación del ETNA.

3er Paso. Obtención de Espectros de Fourier.

Inmediatamente después de haber marcado los límites correspondientes para el segmento A1 y el segmento B1, se les aplica la corrección de línea de base (utilidad que proporciona este software), en seguida se selecciona zoom más, y a continuación se obtiene el ESPECTRO DE FOURIER, que hace que los registros manejados, y que corresponden a aceleraciones, pasen a un campo en el que ahora representan frecuencias y amplitudes.

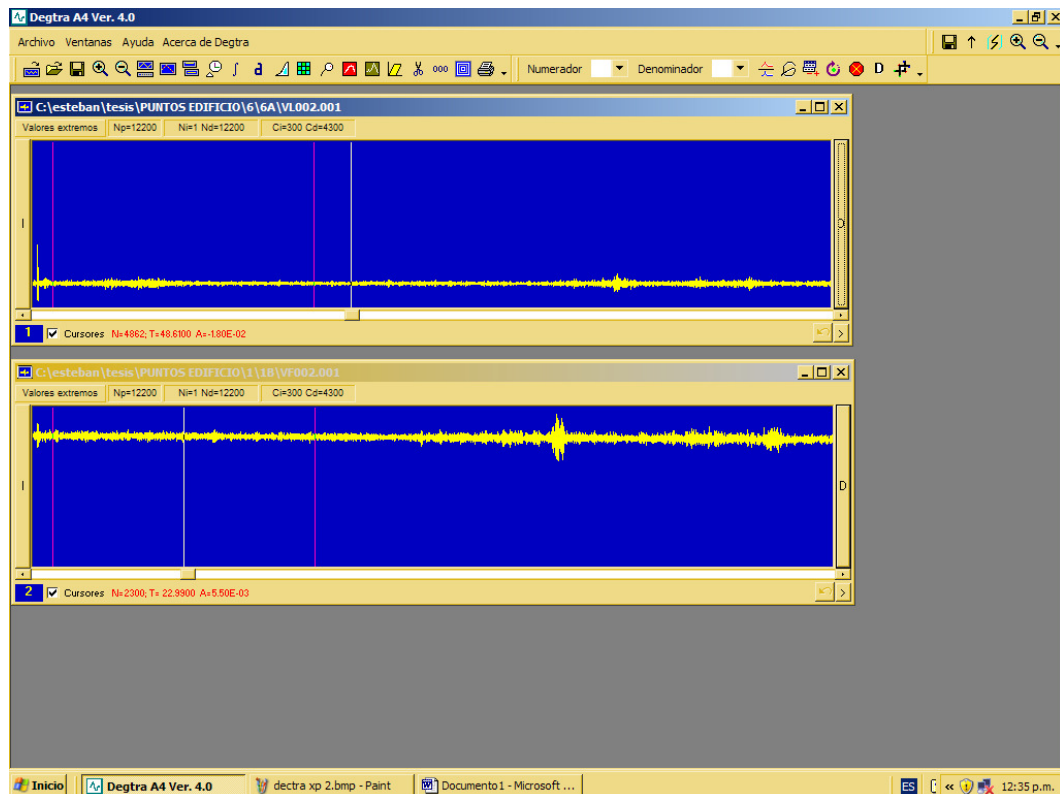
4to Paso. Obtención de la Función De Transferencia Empírica.

Una vez calculados los espectros de Fourier para los dos segmentos, se procede a calcular la FUNCION DE TRANSFERENCIA EMPIRICA, que consiste en la división de el espectro de Fourier del segmento A1 entre el espectro de fourier del segmento B1.

Posteriormente se calcularán 2 funciones de transferencia mas, una para los segmentos A2-B2 y la última para los segmentos A3-B3.

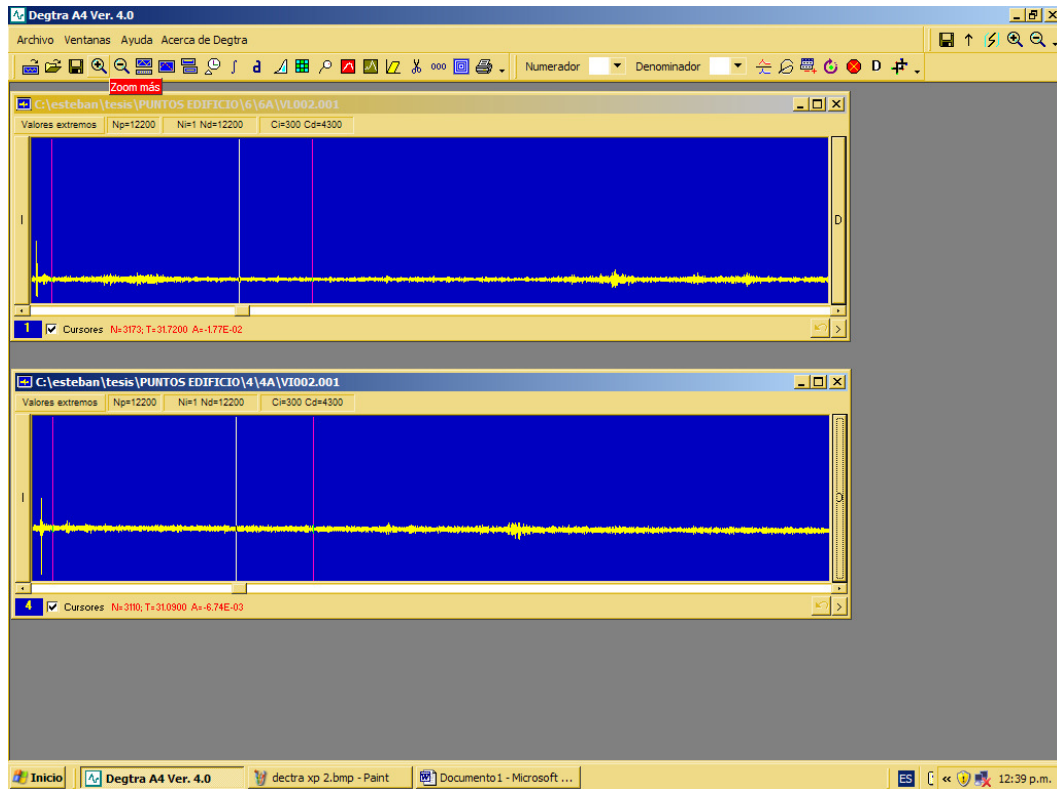
El procedimiento es simple, sin embargo, exige una buena supervisión para garantizar la calidad de los resultados.

El sistema utilizado se explica paso a paso con la ayuda de las siguientes imágenes:

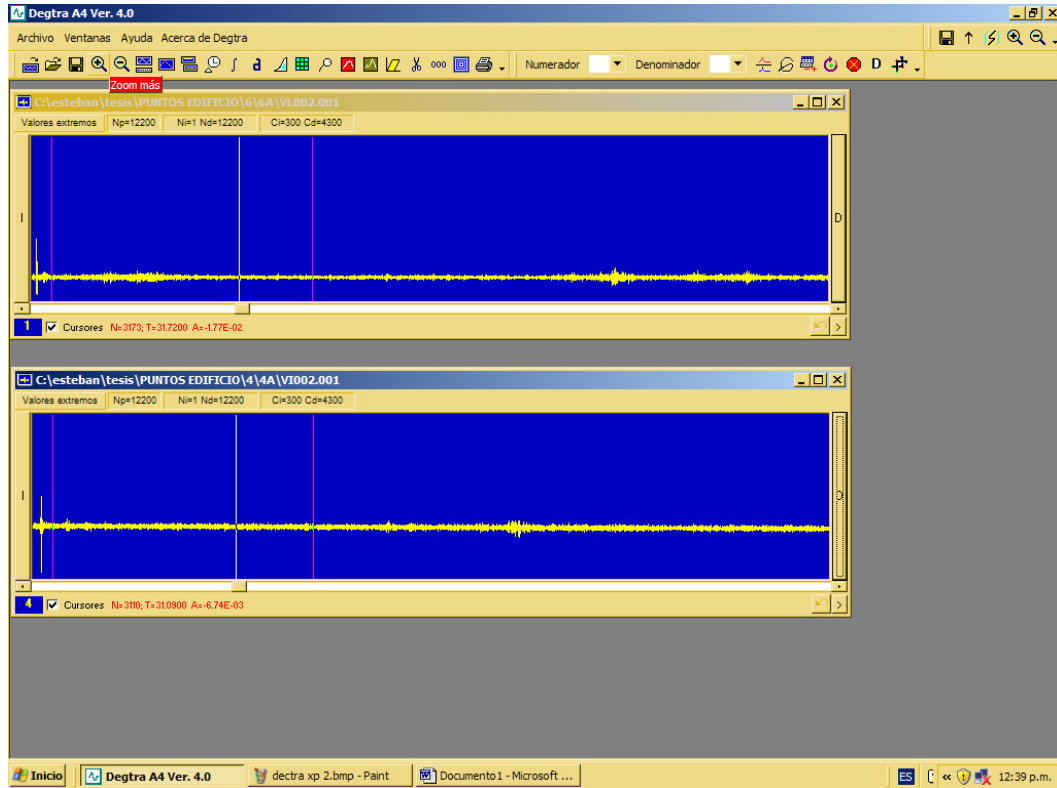


Registro A y Registro B, uno en cada ventana.

Lo primero es abrir 2 ventanas. En cada una se debe abrir un registro, en este ejemplo los llamamos, Registro A y Registro B, como ya se explicó anteriormente.



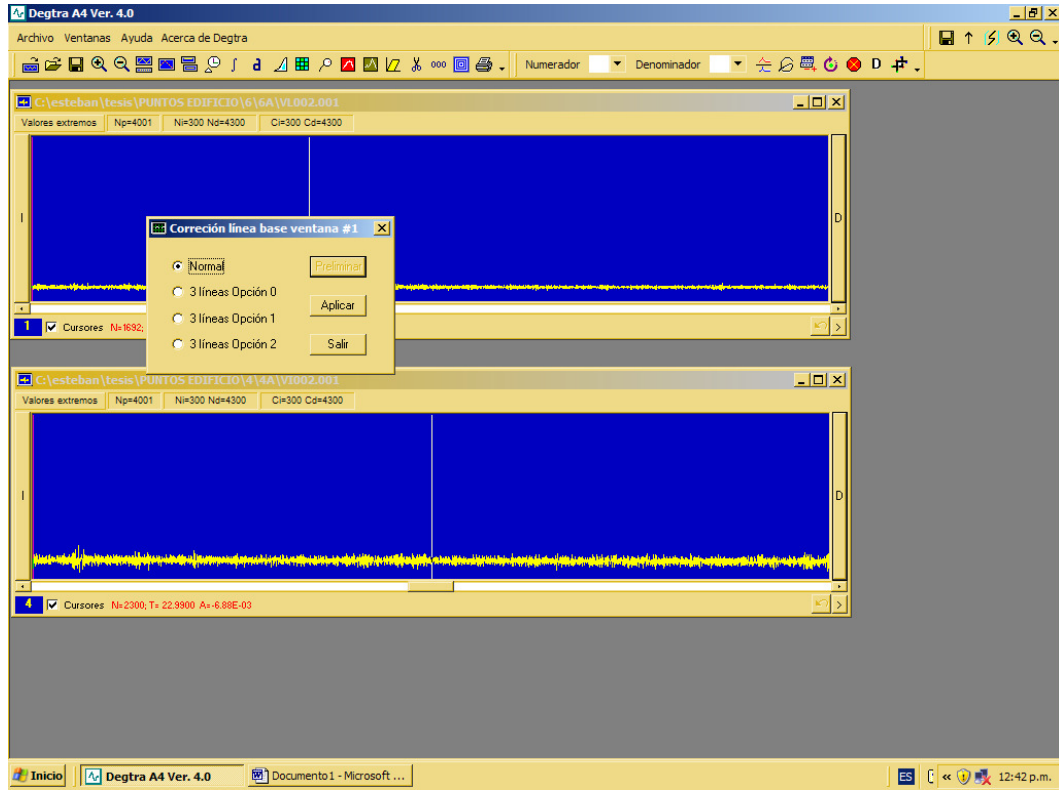
Selección de límites. (Primera ventana de 40seg).



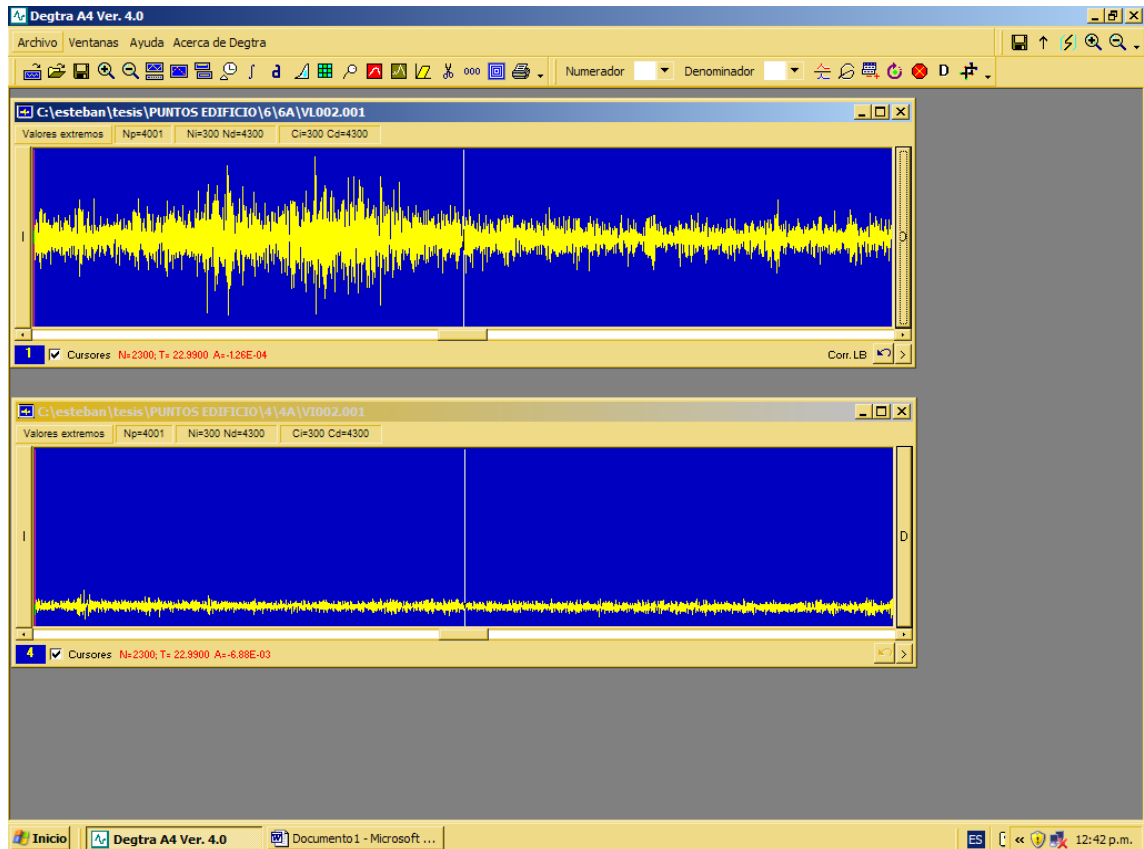
Aplicar zoom +.

Aplicar corrección de línea de base.

Cuadro de diálogo después de dar clic en corrección de línea de base.



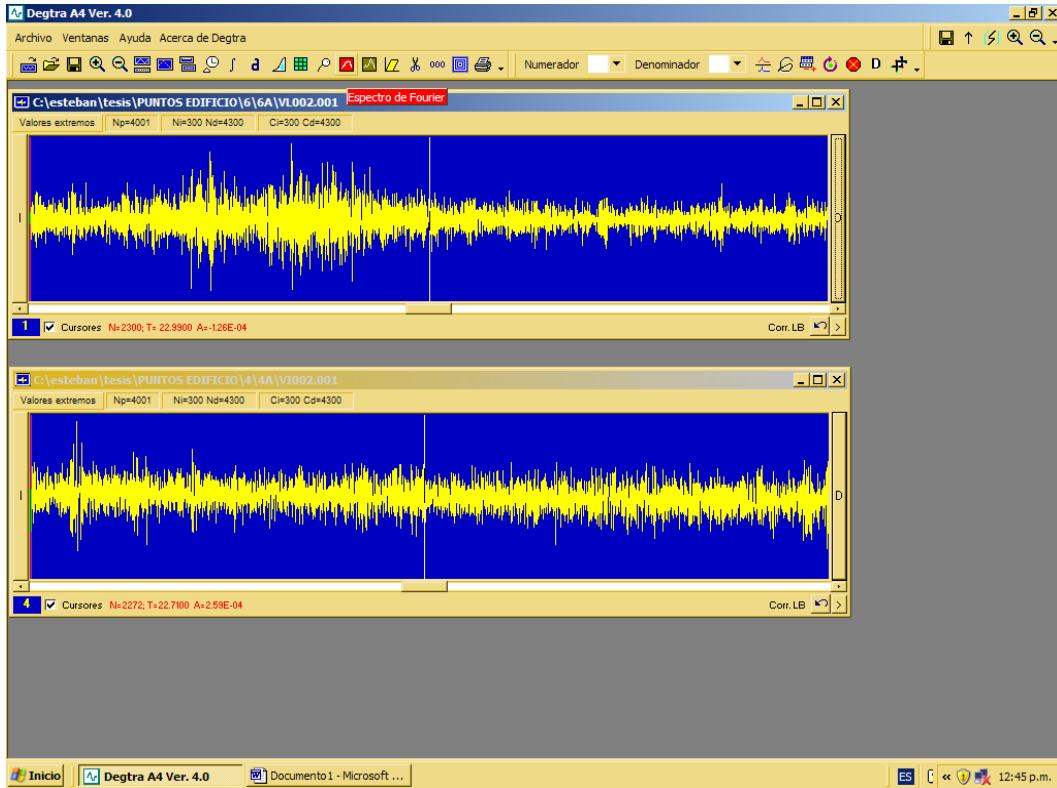
Seleccionar NORMAL y dar clic en APLICAR.



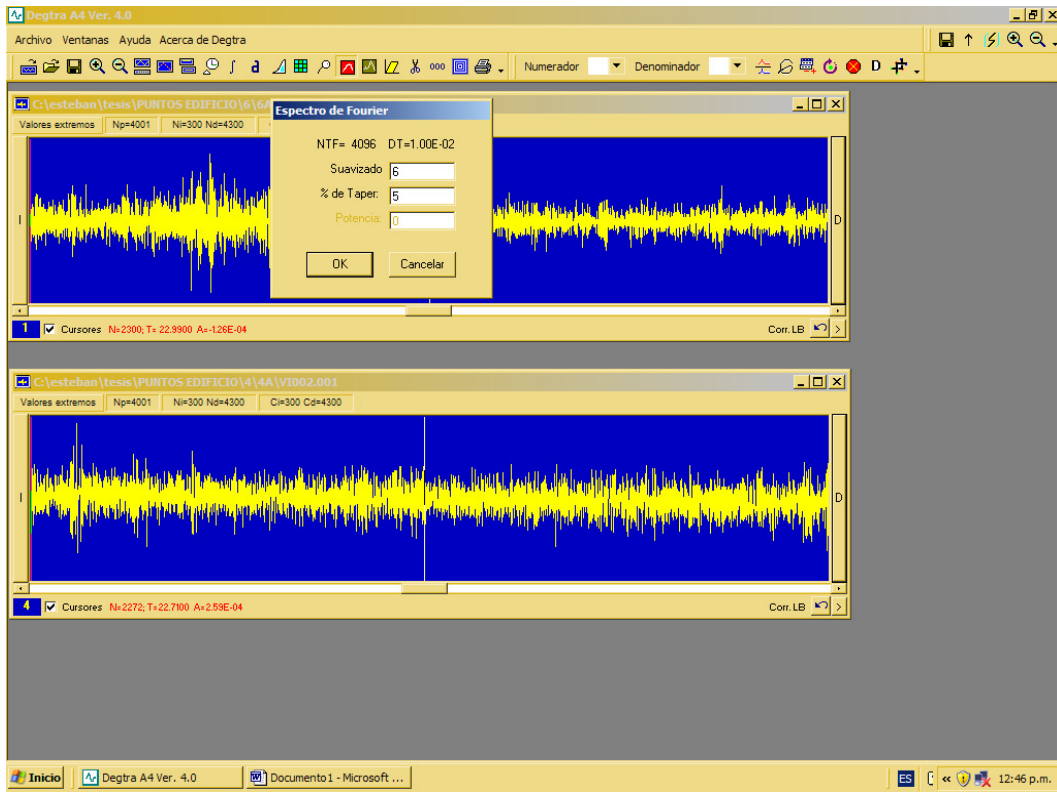
A continuación aparece el registro con zoom y corrección de Línea base.

Se procede a hacer lo mismo con el otro registro.

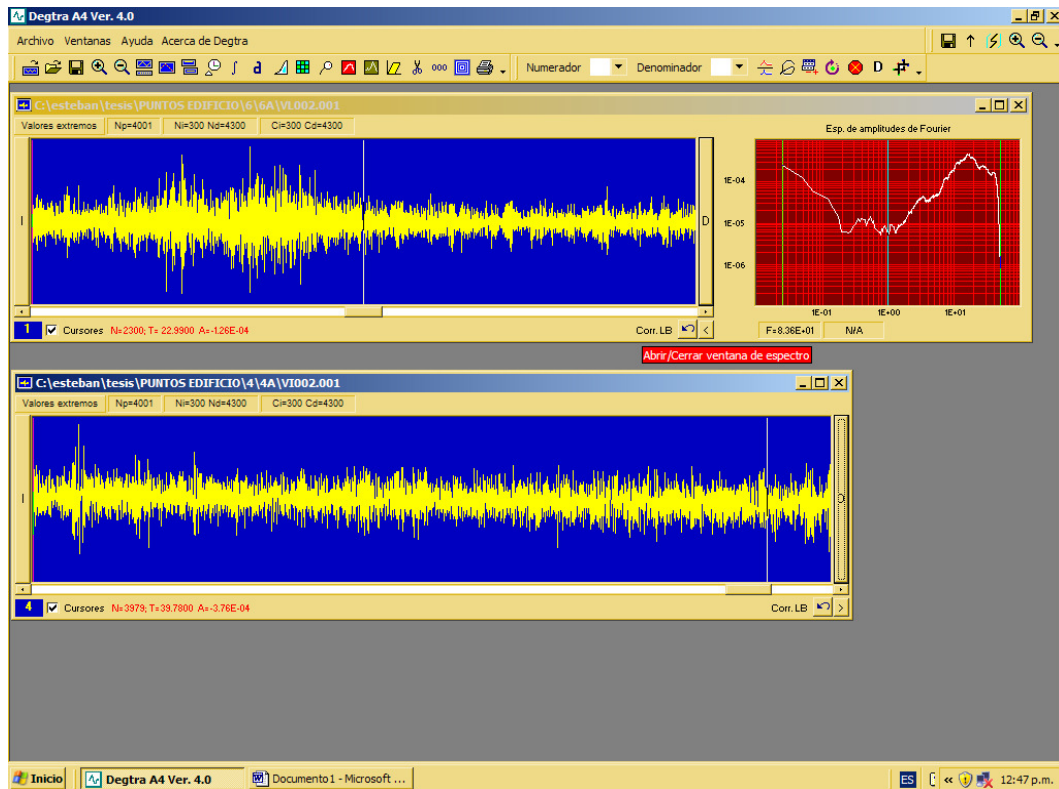
Ya que ambos registros tienen zoom y corrección de línea base en el fragmento de 40 seg correspondiente a los límites 300-4300miliseg, se obtiene el espectro de Fourier para cada uno.



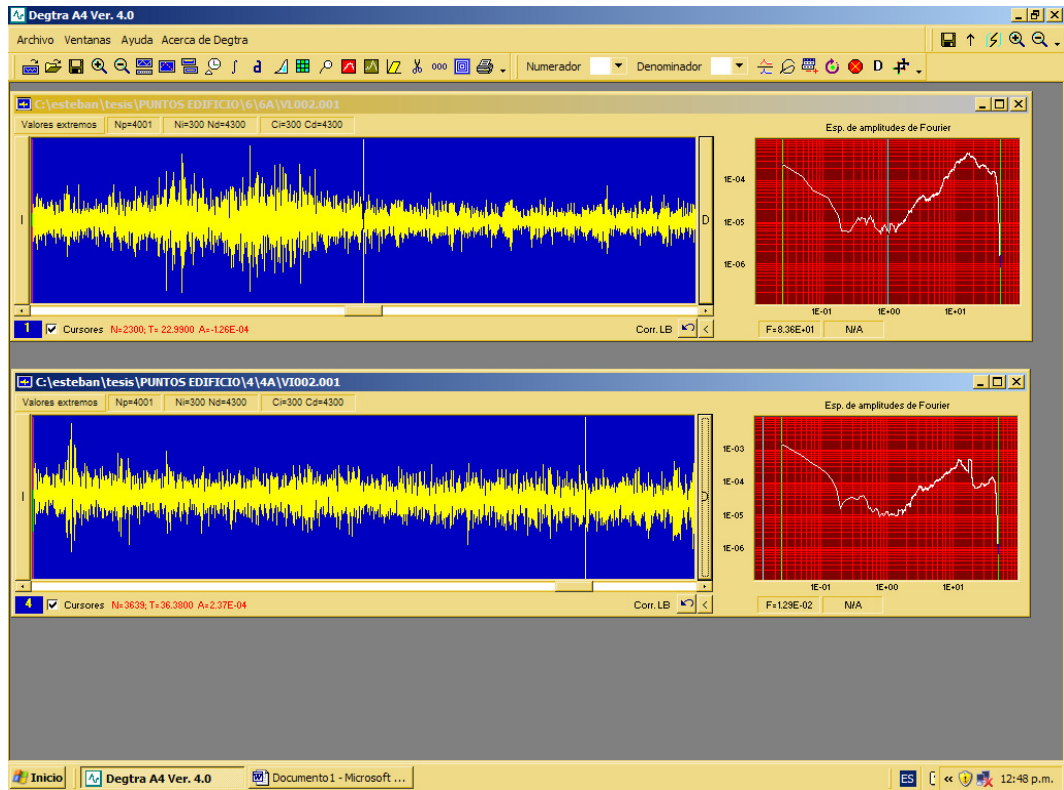
Dar clic en el icono “Espectro de Fourier”.



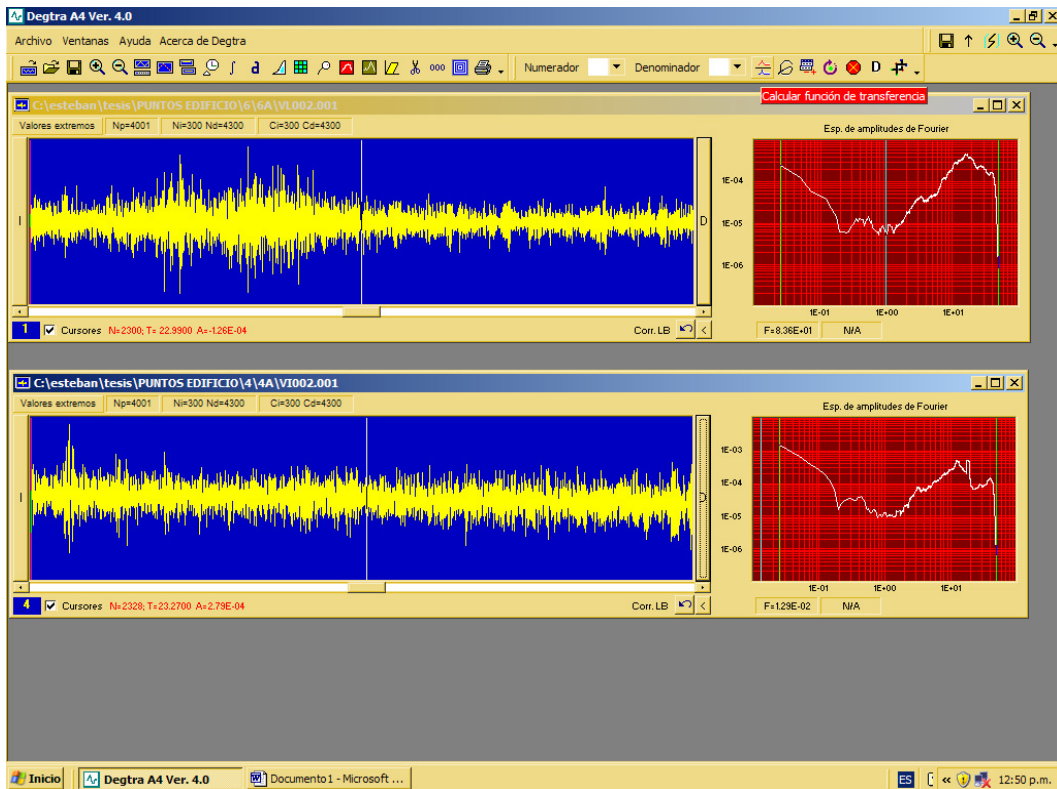
Escribir en los campos: suavizado = 6 y taper=5 y dar clic en OK.



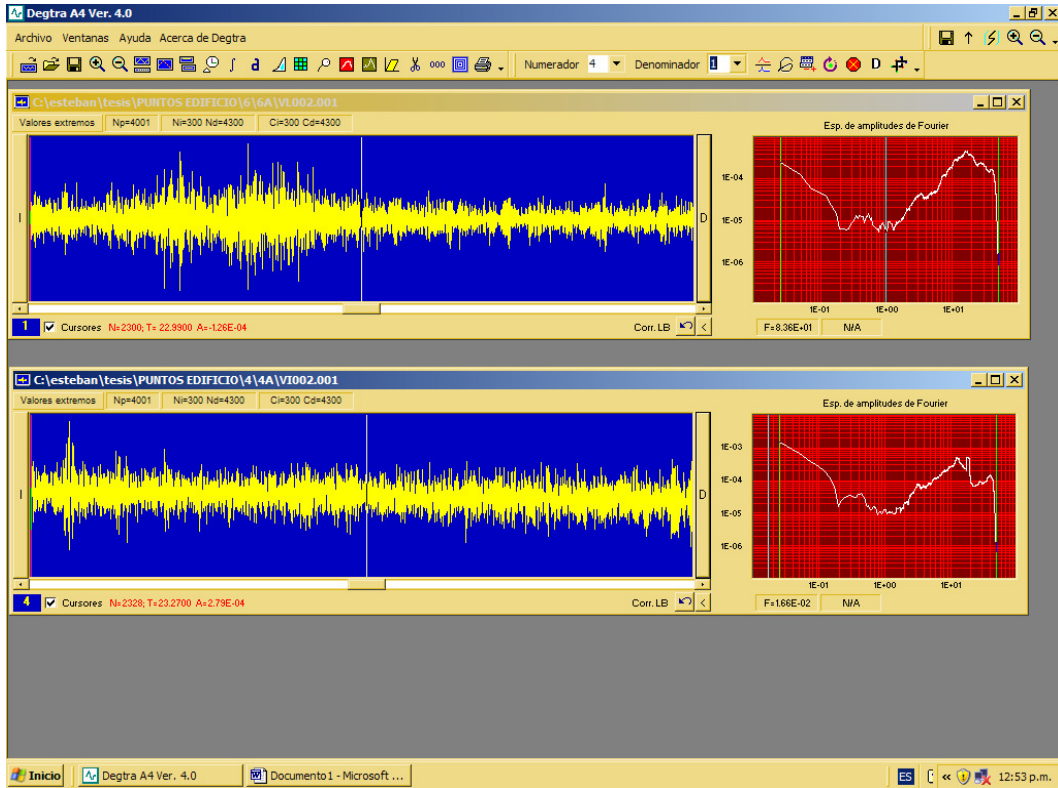
Con esto aparecerá el espectro de amplitudes de Fourier que utilizaremos para obtener la RAZÓN ESPECTRAL también llamada FUNCIÓN DE TRANSFERENCIA EMPÍRICA.



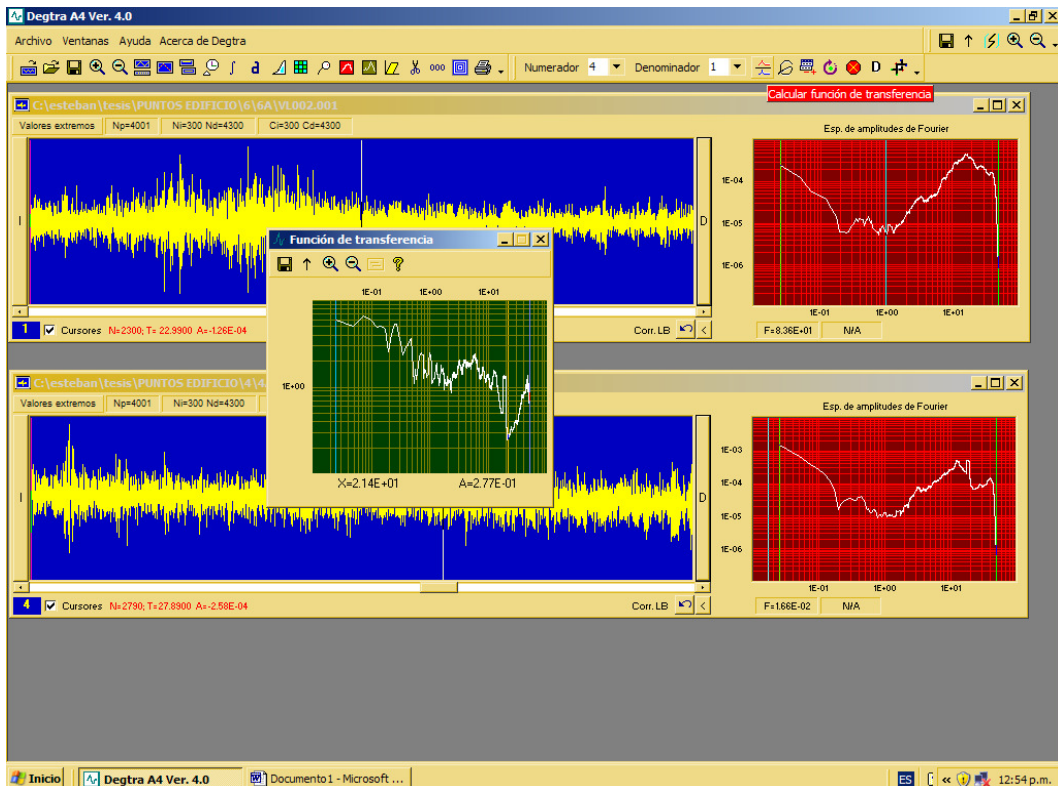
Obtención de espectros en ambos registros.



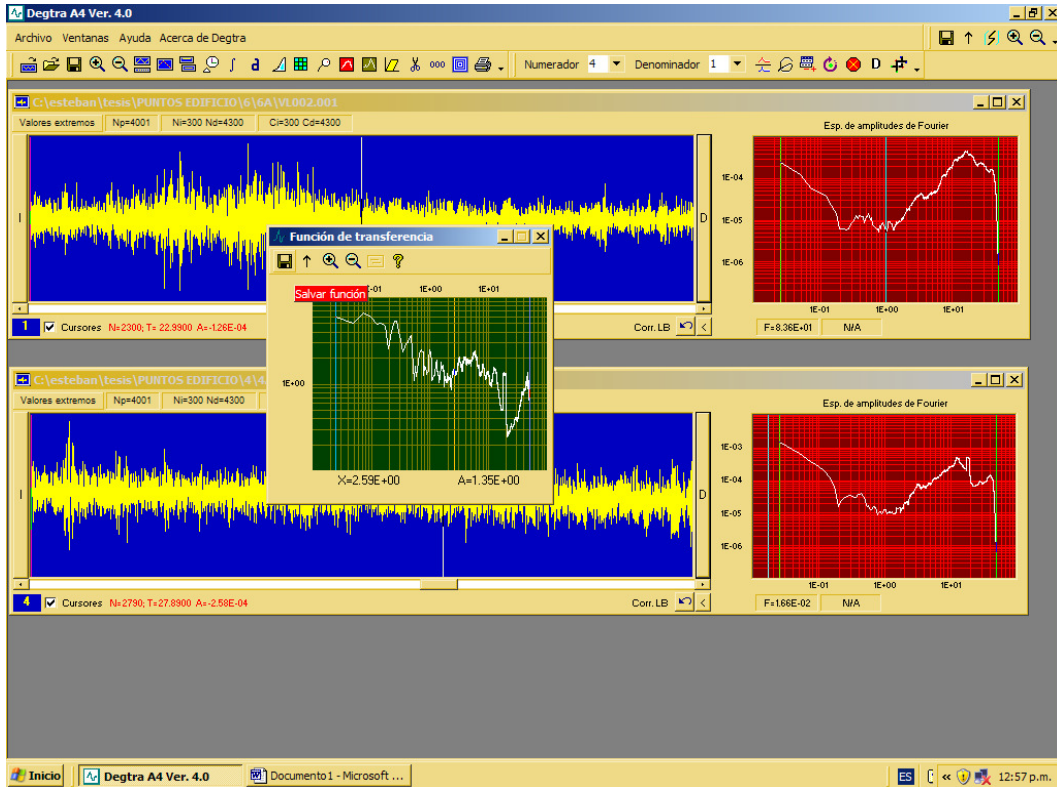
Para Calcular La Razón Espectral, bastará dar clic en el botón “Calcular función de transferencia”, pero antes, es necesario colocar los números de las ventanas que se van a procesar, en las casillas en blanco con los textos: numerador y denominador.



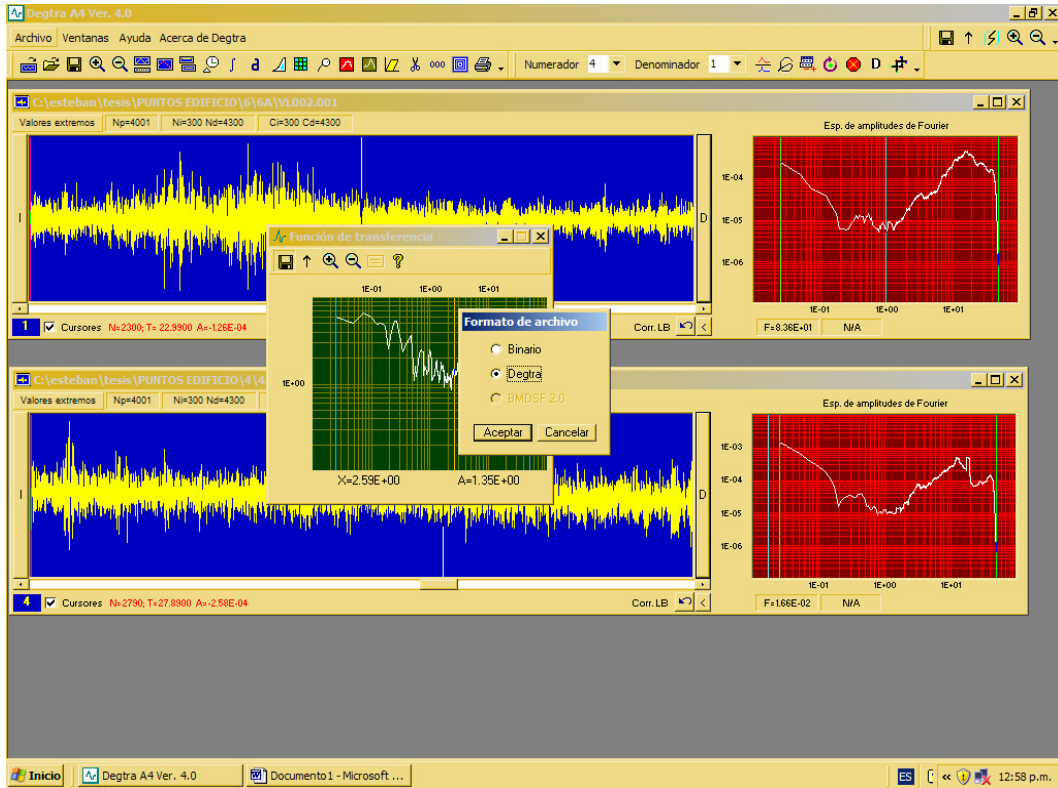
En este caso dividiremos la ventana 4 entre la ventana 1.



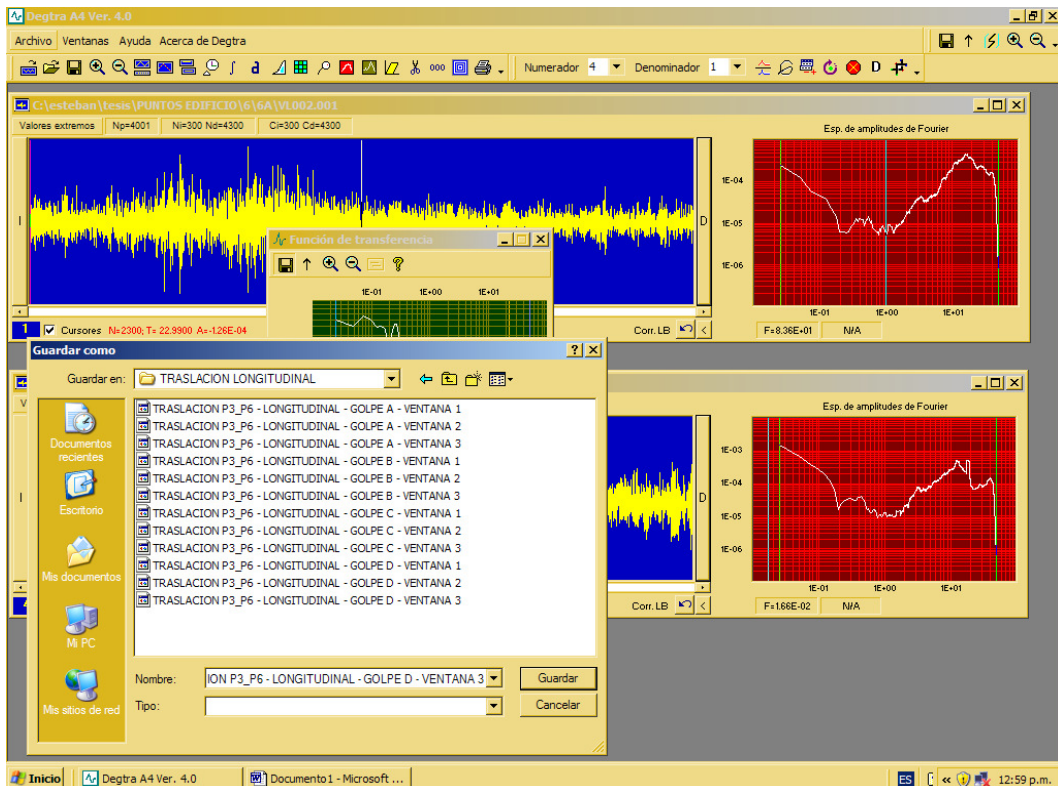
Una vez obtenida la función, la guardamos en formato “degtra” para poder procesar el registro con otros programas y posteriormente obtener la grafica “amplitud-frecuencia”



Opción “GUARDAR”.

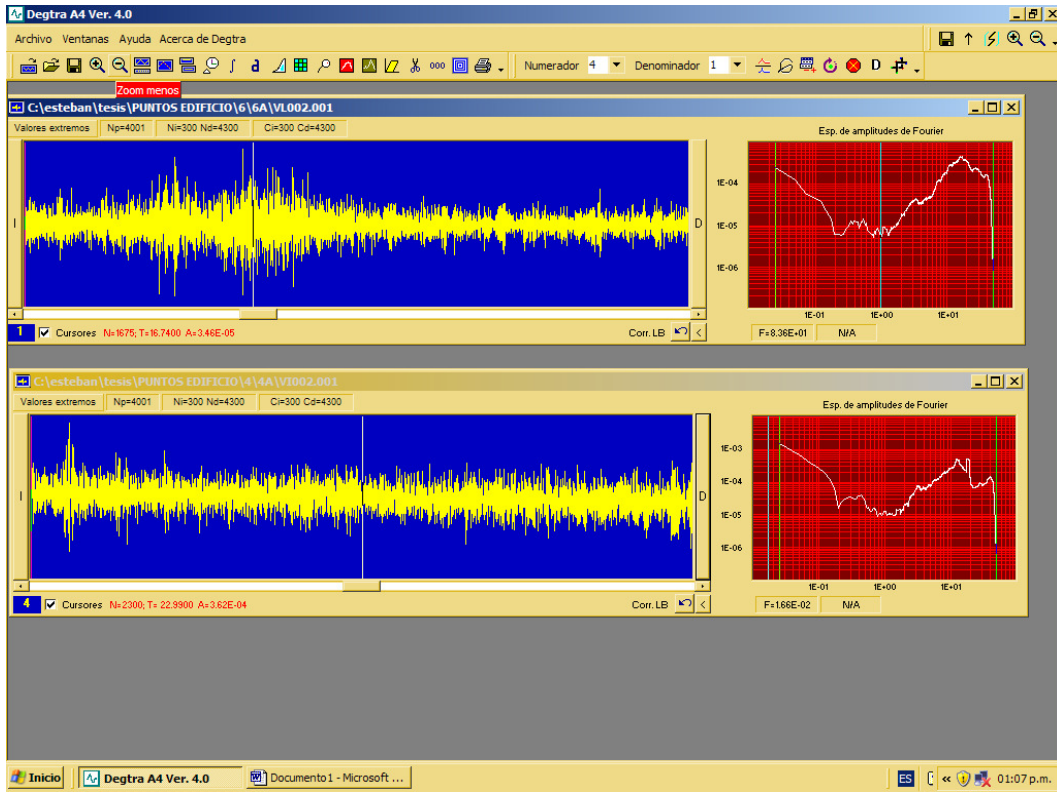


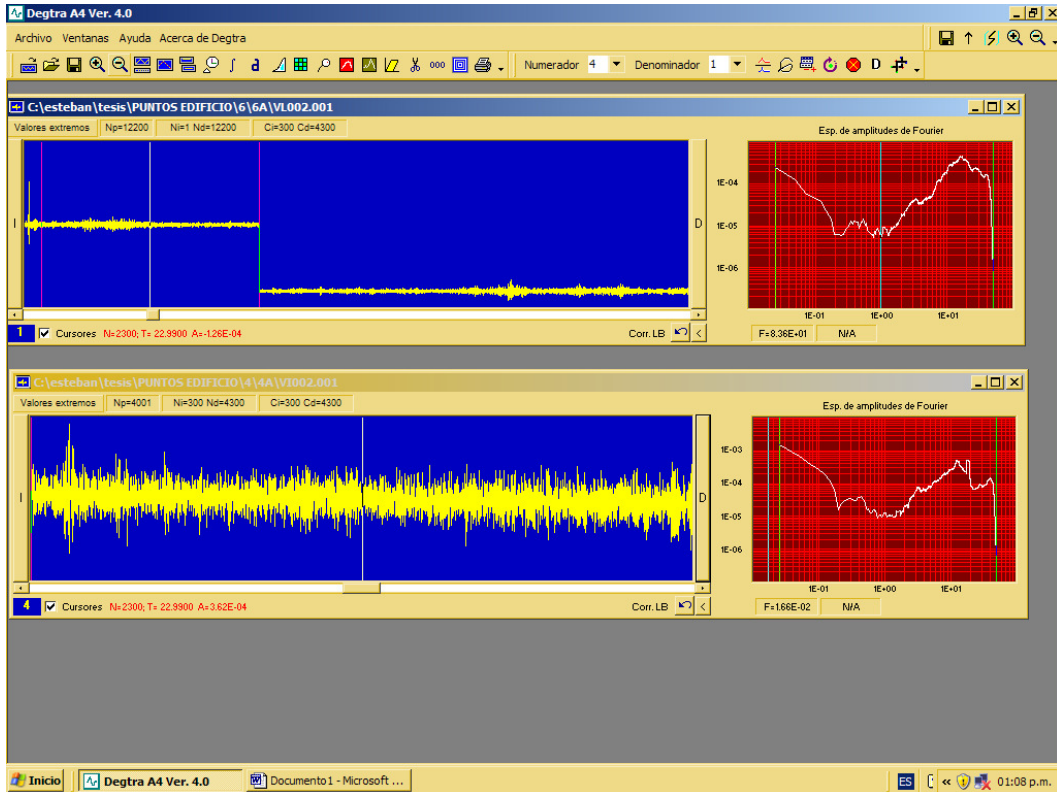
Seleccionar “DEGTRA” y dar clic en aceptar.



Cuadro de dialogo “GUARDAR COMO”.

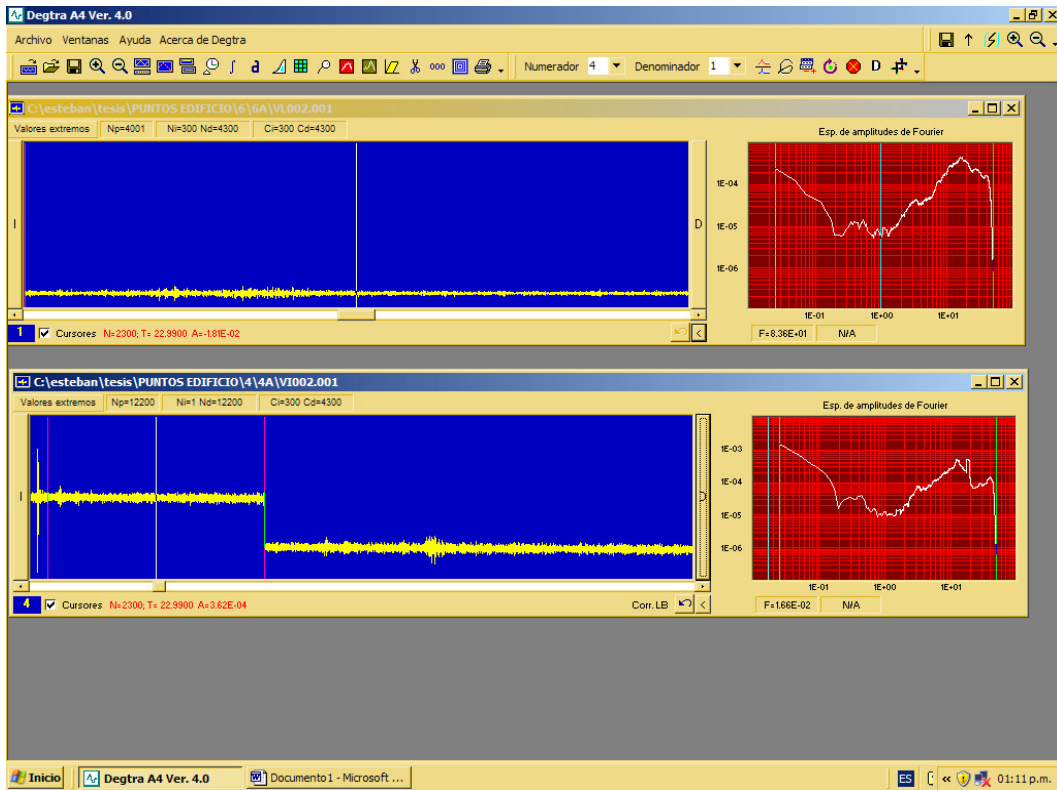
Una vez guardada la Función de Transferencia, se debe cerrar la ventana de la razón espectral calculada y procedemos a obtener los fragmentos A2 y B2, correspondientes a los límites 4300-8300, para lo cual seguiremos el proceso antes mencionado y con ello obtendremos la función de transferencia empírica correspondiente:



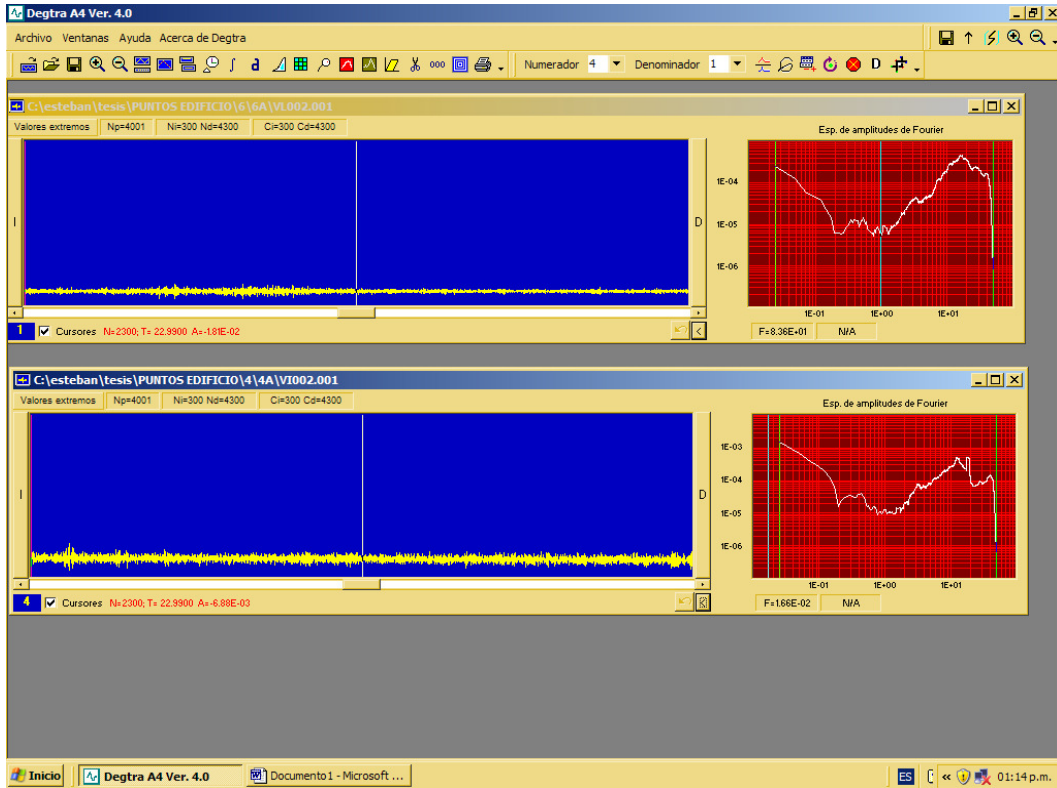


Primero damos clic en zoom menos.

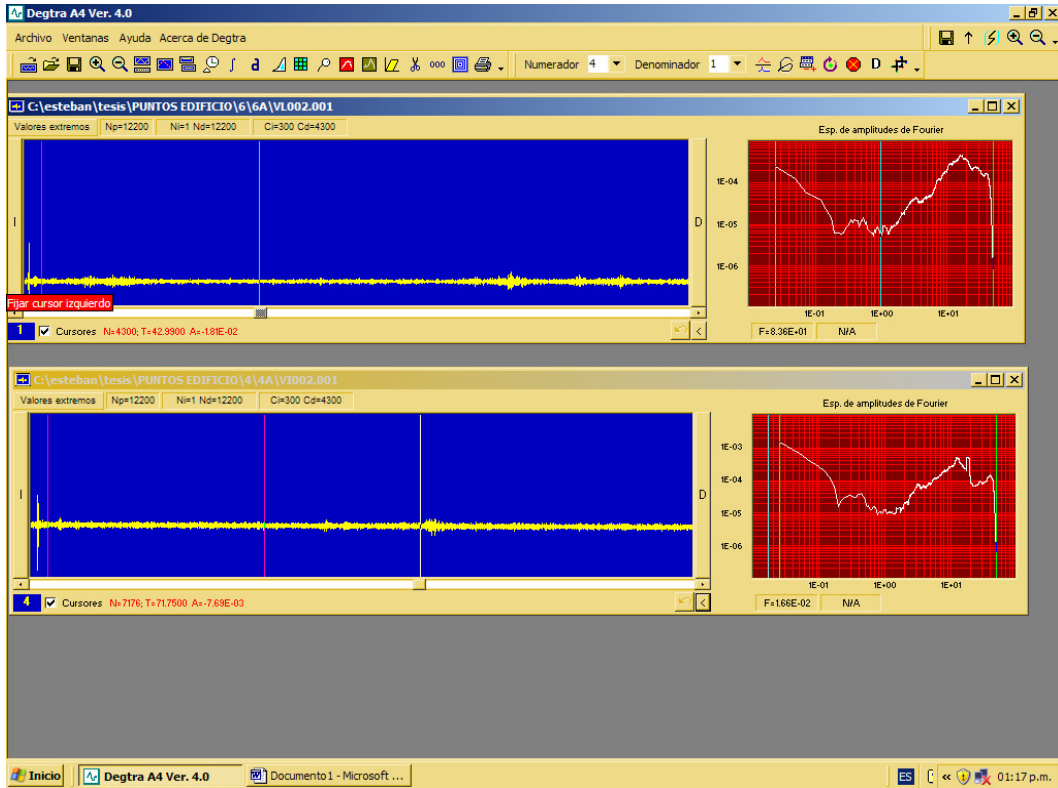
Es posible que el registro aparezca desfasado y será necesario corregirlo dando clic en “DES HACER LINEA BASE”.



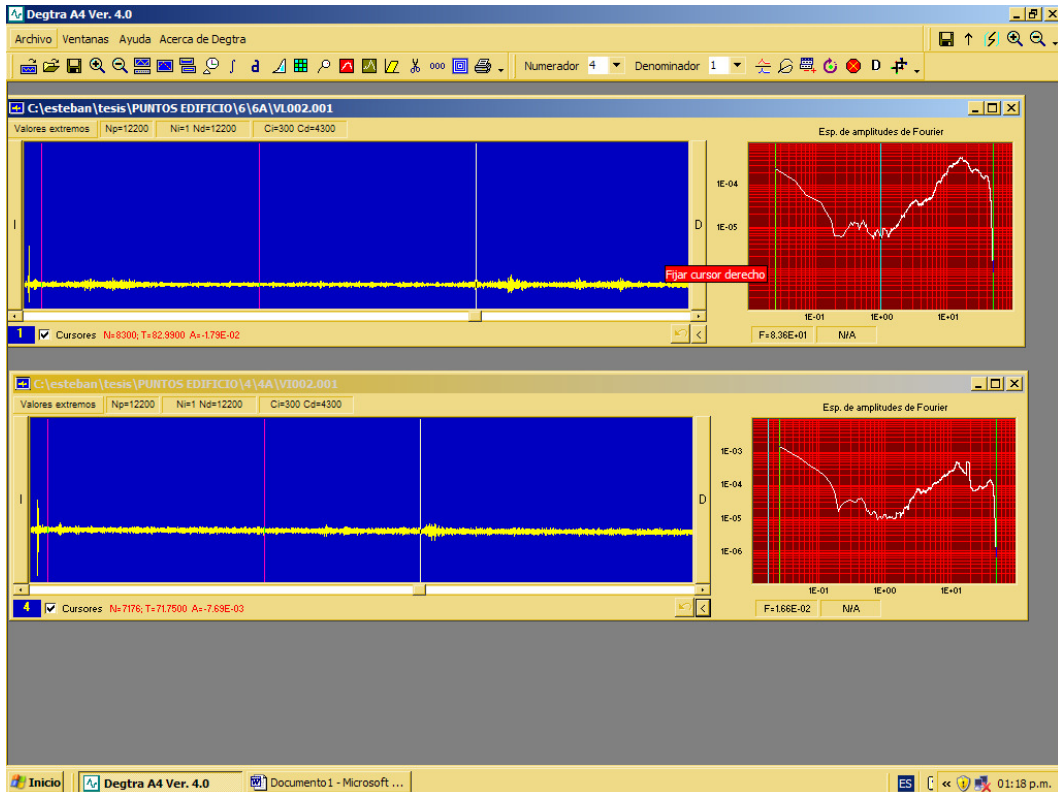
En esta imagen se muestra el registro A, ubicado en la ventana 1, después de aplicarle zoom menos y deshacer corrección de línea base. Este mismo procedimiento se realiza con la ventana 4 con lo que los registros quedarán de la siguiente manera.



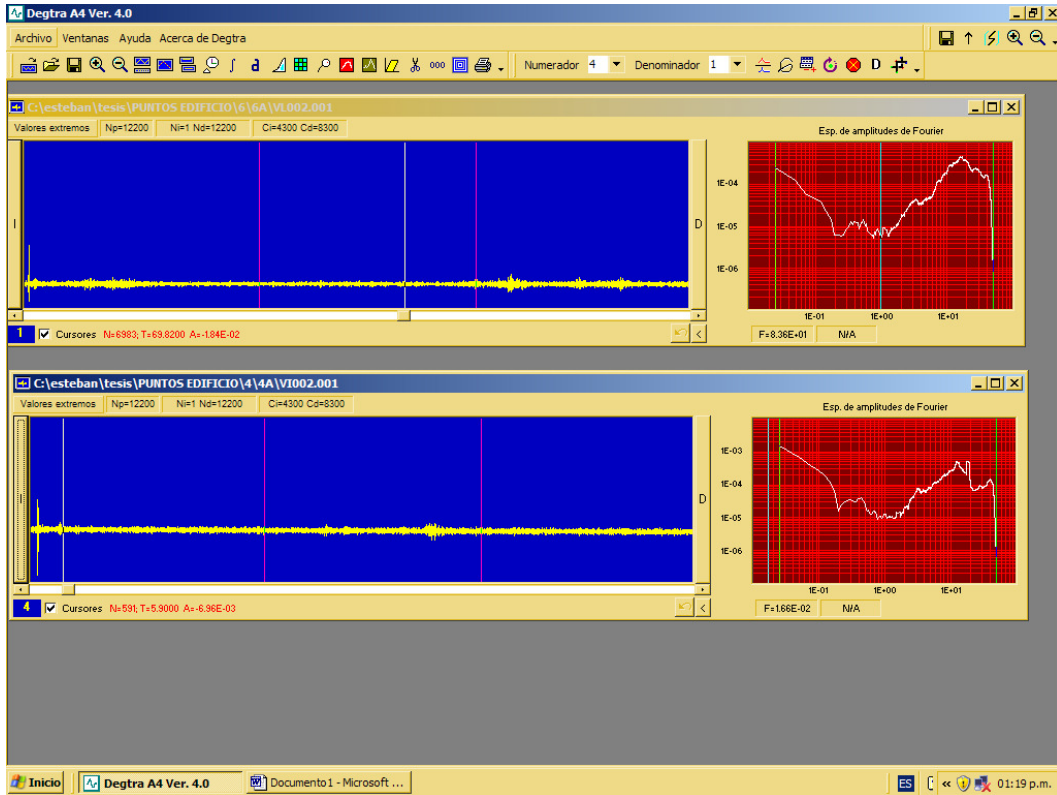
Los espectros de Fourier localizados a la derecha de cada ventana no corresponden a los nuevos límites, sino a los límites que fueron procesados previamente. Durante la siguiente secuencia de ventanas se indica el momento en que se calculan los nuevos espectros de Fourier.



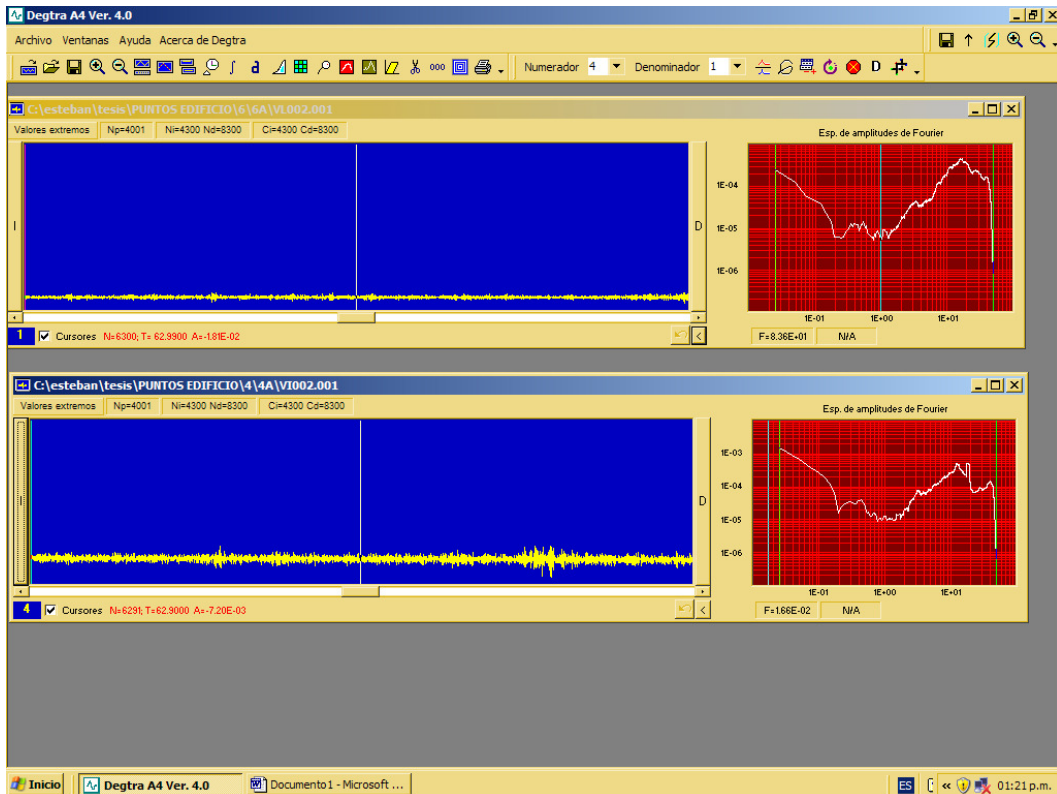
Asignación del límite izquierdo en ventana 1.



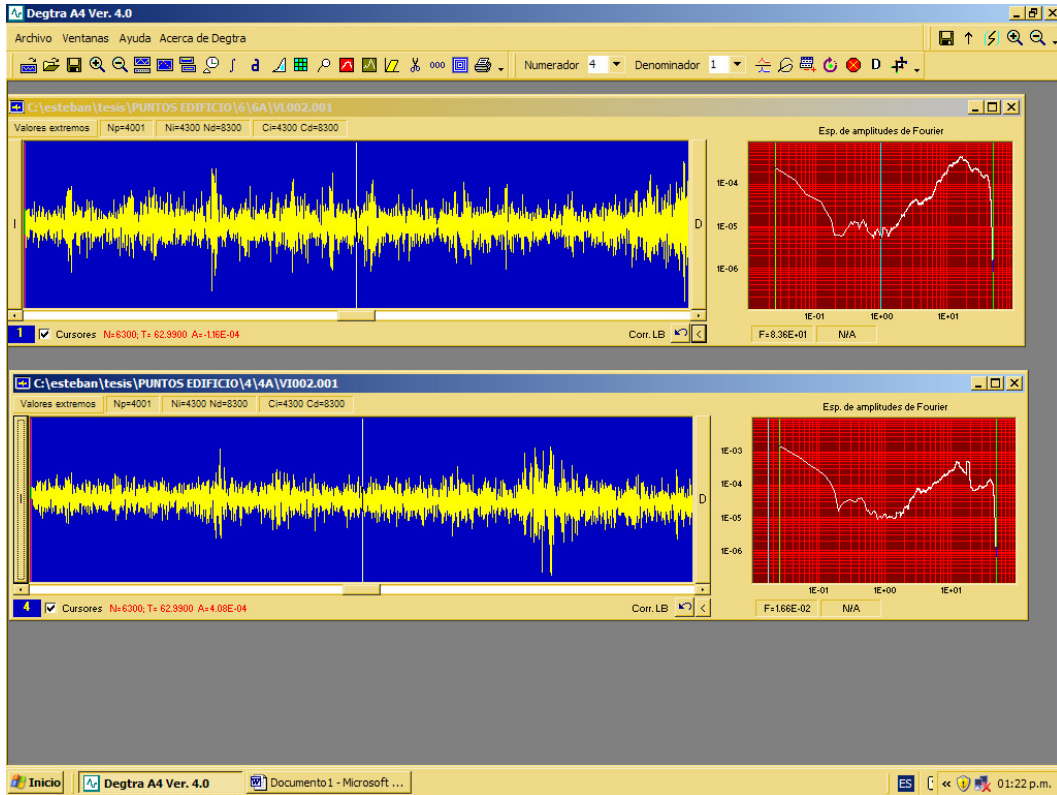
Asignación de límite izquierdo en ventana 2.



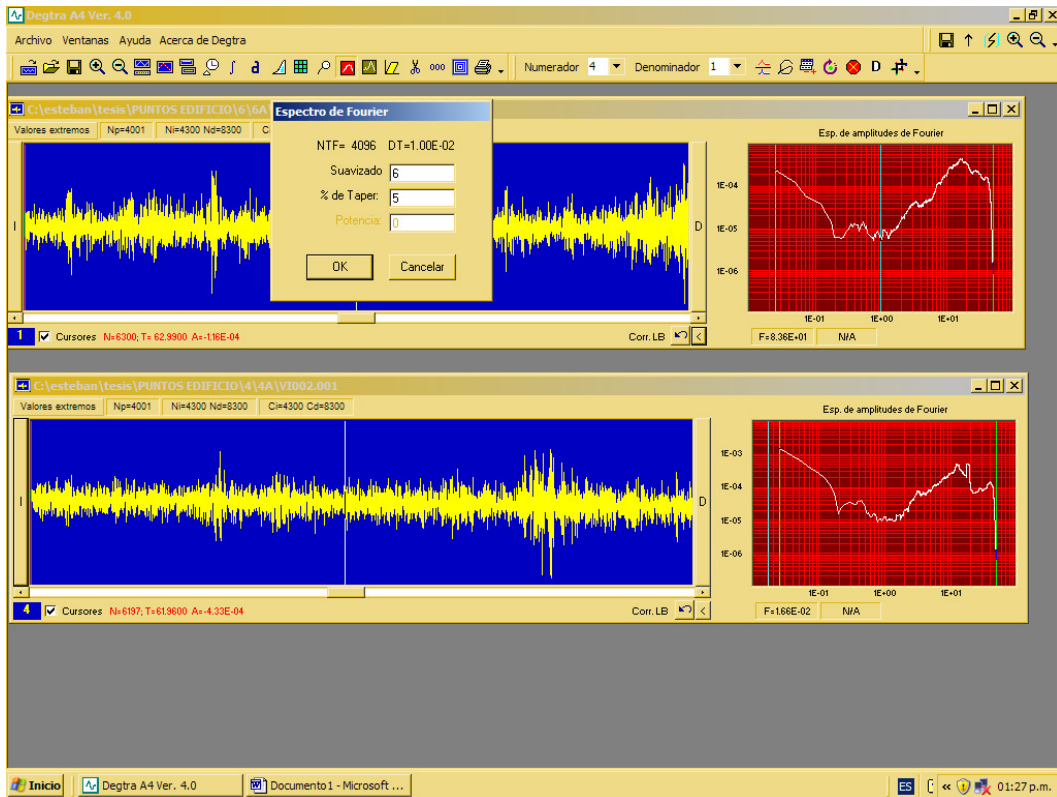
Ambas ventanas ya con límites 4300-8300 designados.



Ambas ventanas con zoom más.



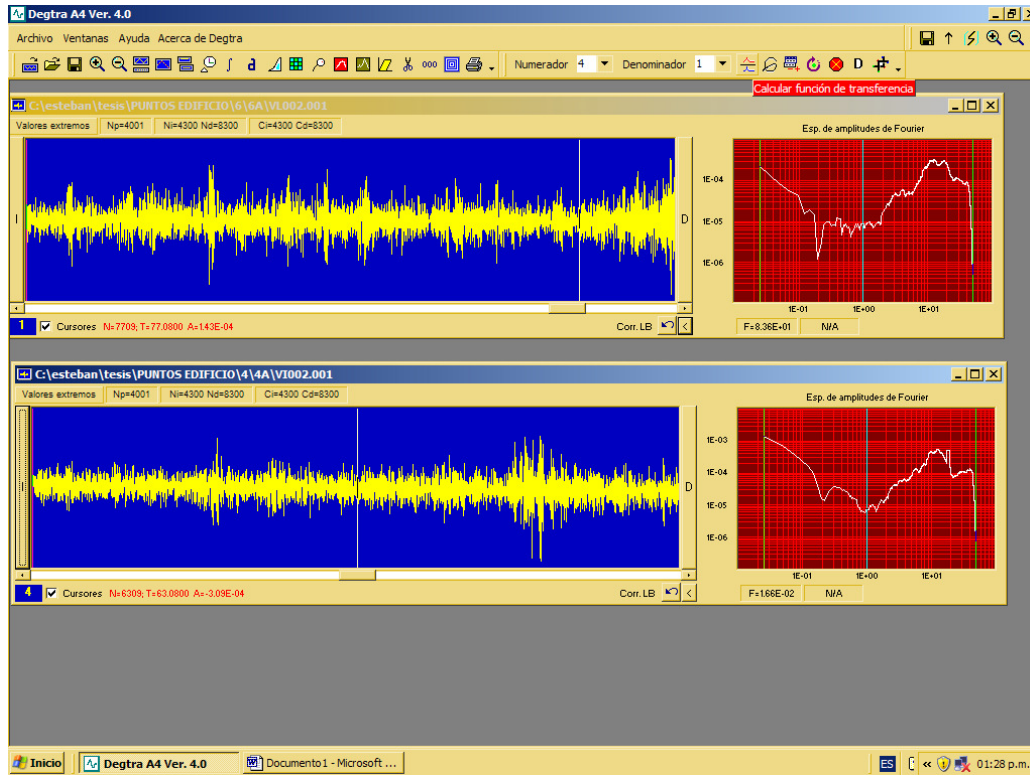
Ambas ventanas con corrección de línea base

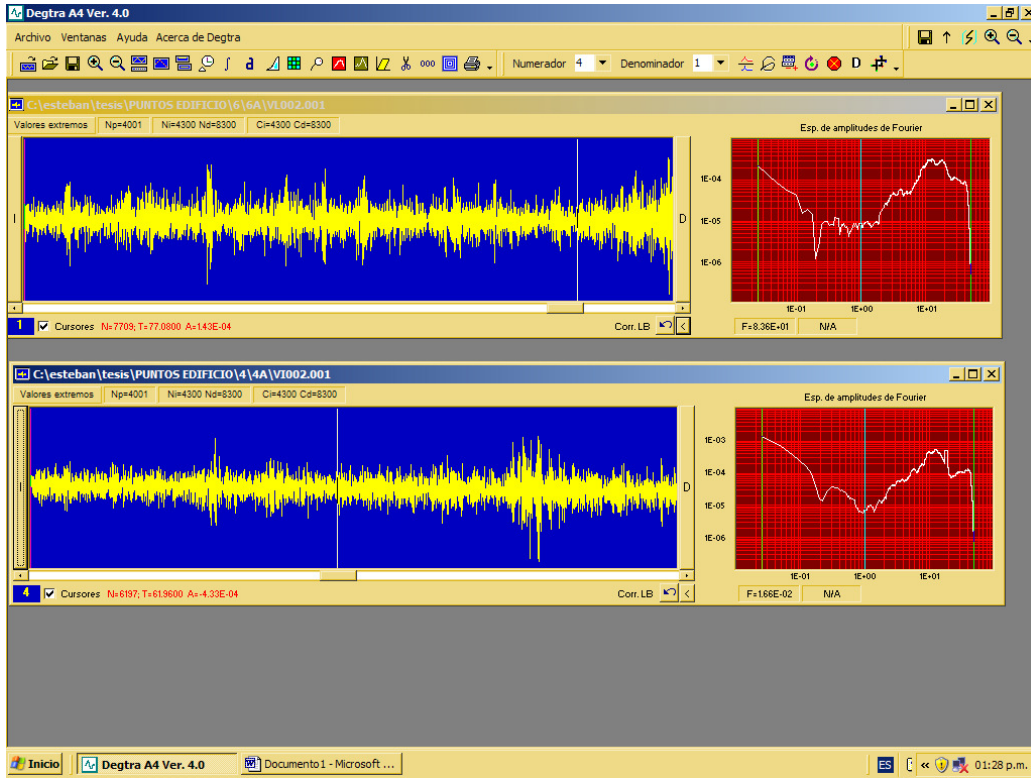


EN ESTE MOMENTO SE OBTENDRÁN LOS ESPECTROS DE FOURIER

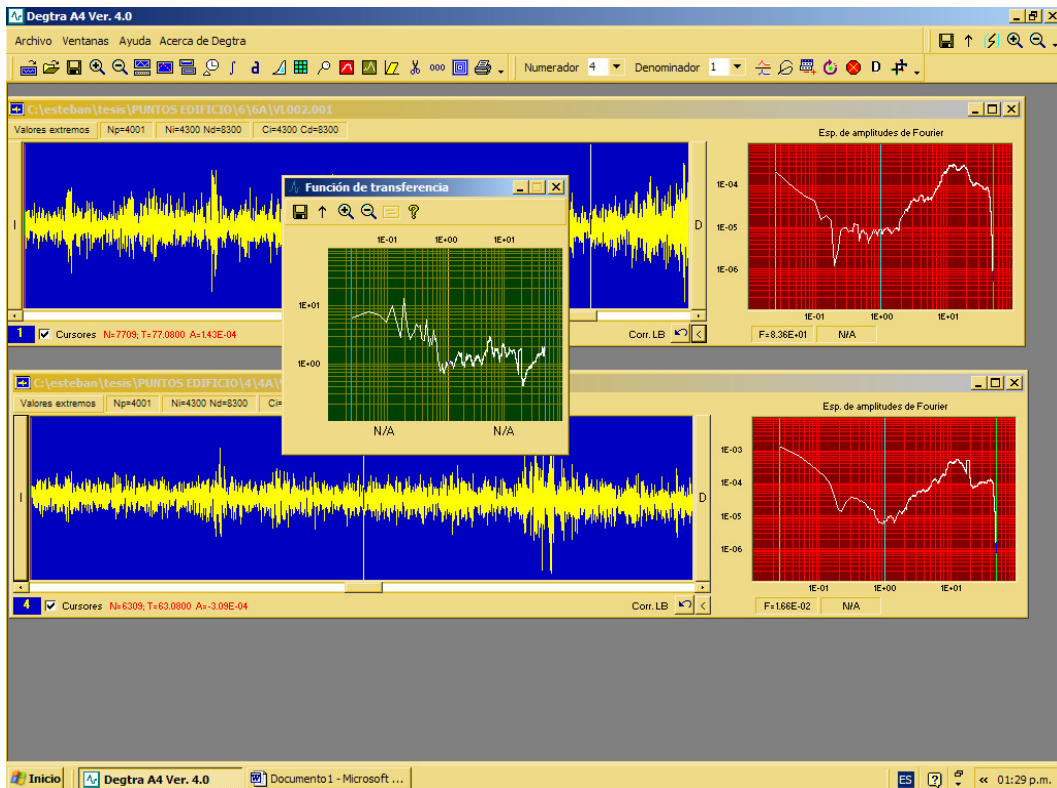
OBTENCION DE ESPECTROS DE FOURIER CORRESPONDIENTES

ESPECTROS DE FOURIER CORRESPONDIENTES

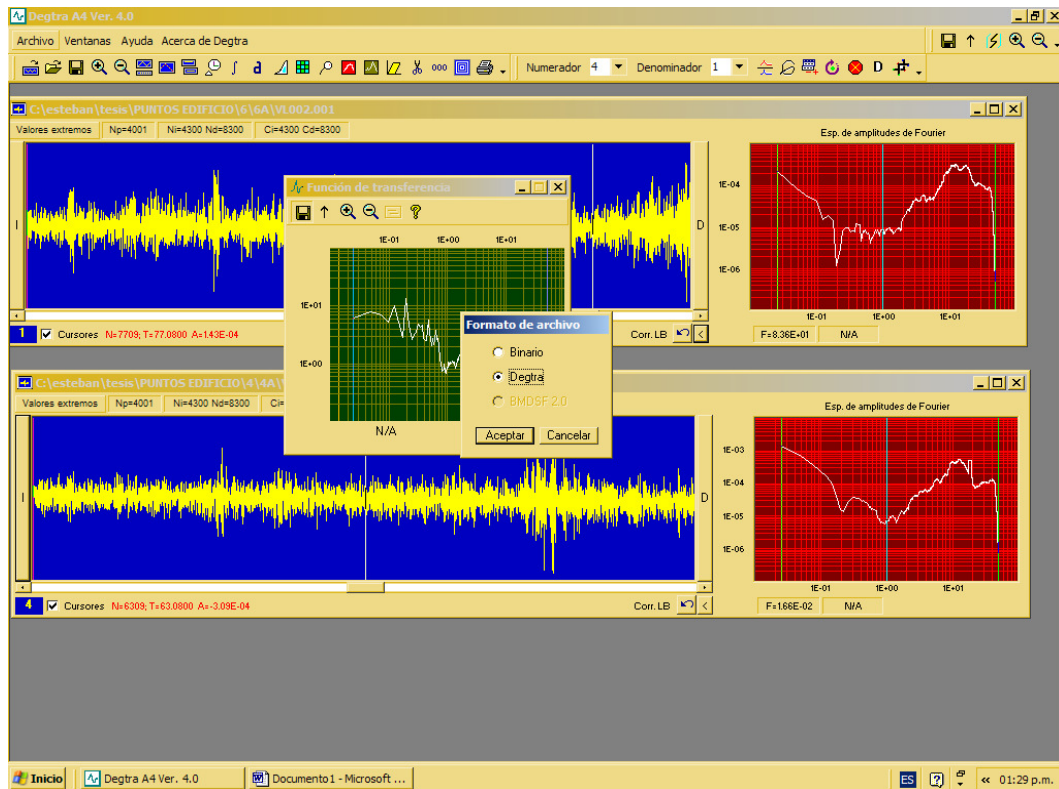




Obtención de la función de transferencia empírica.

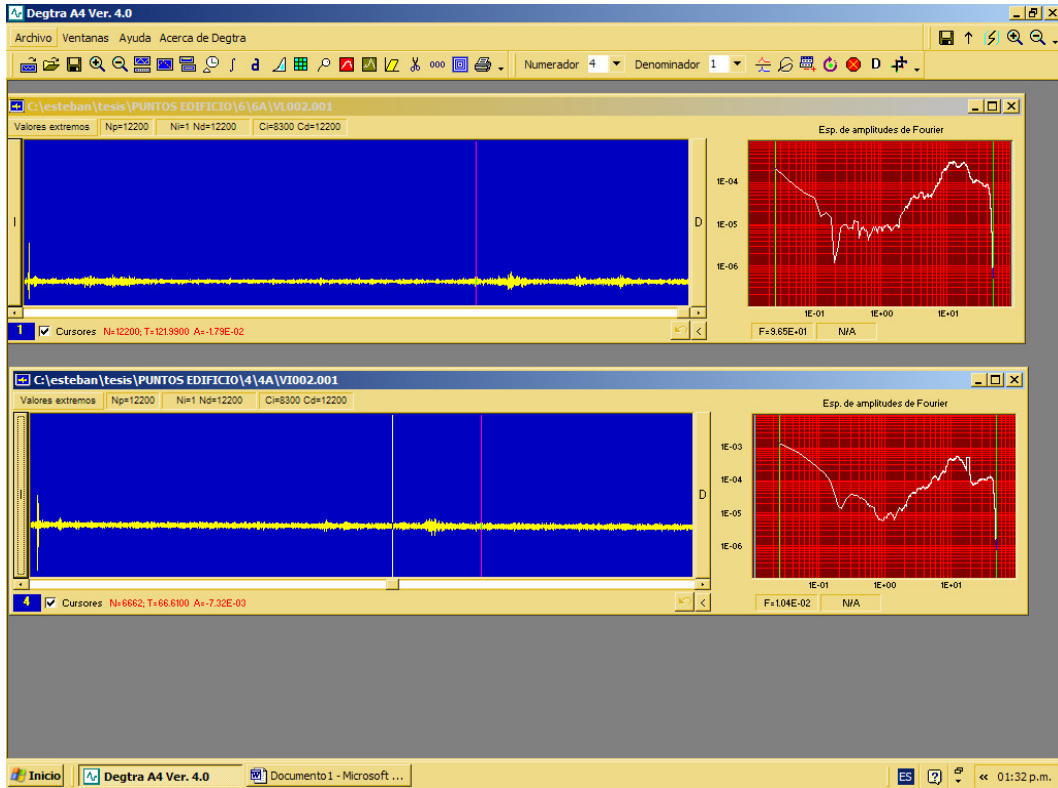


Función de transferencia empírica.

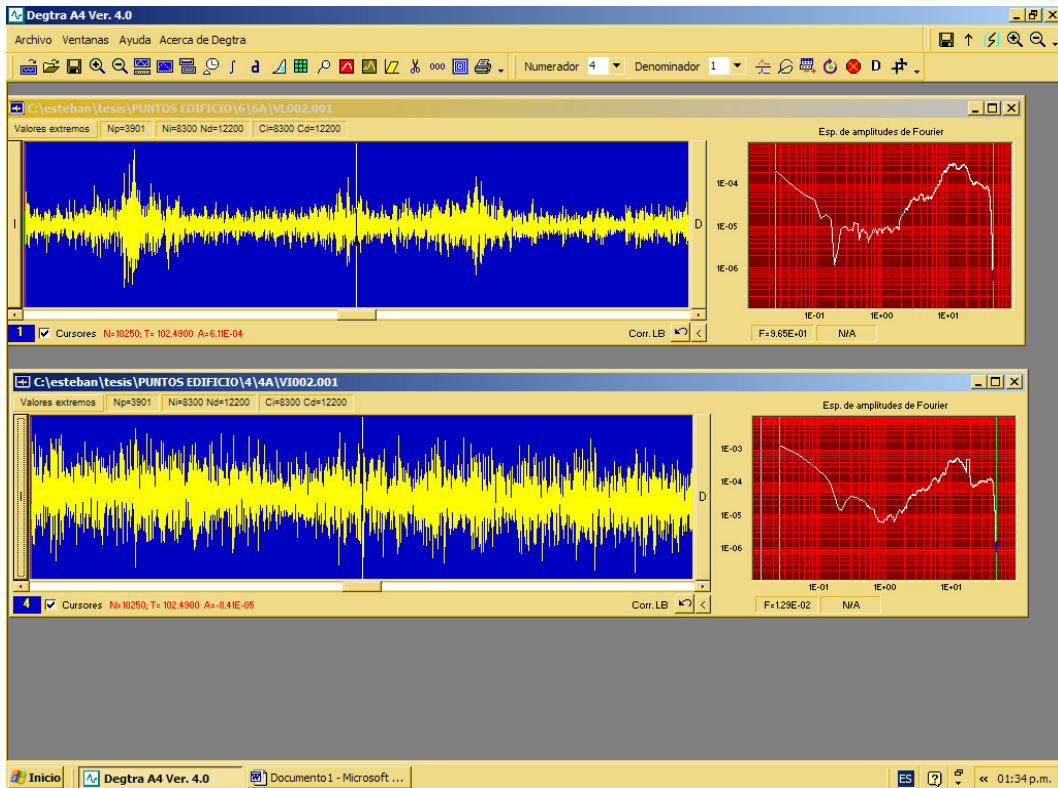


Guardar FUNCION DE TRANSFERENCIA en formato Degtra.

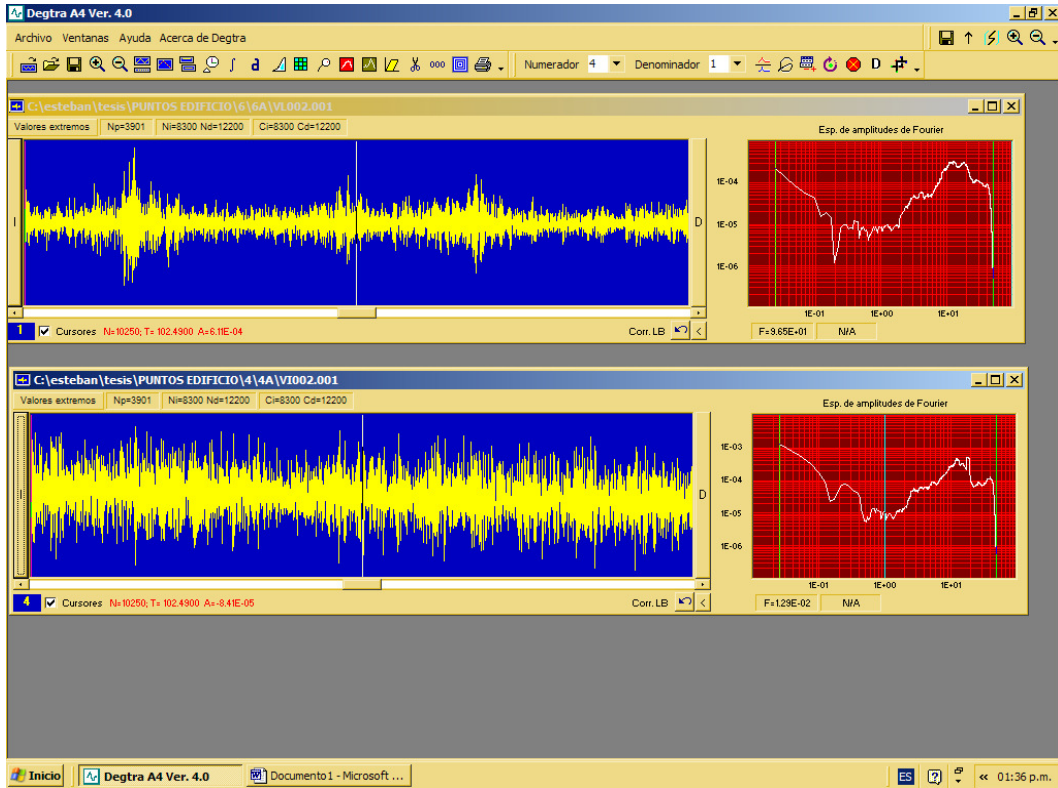
Ahora se obtendrá la FNC de transferencia empírica para los últimos fragmentos de registro de este archivo (A3-B3), es decir, el fragmento correspondiente a los límites 8300-12200.



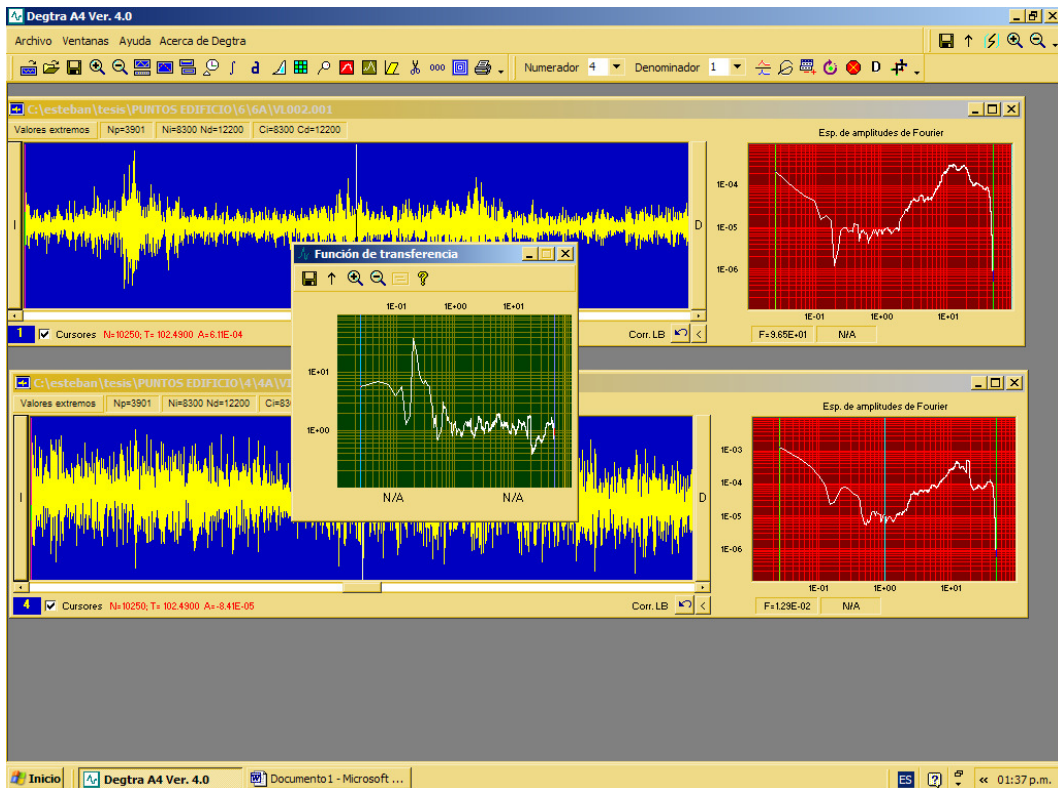
Asignación de límites.



Zoom mas y corrección de línea base.



Espectros de Fourier de ambas ventanas.

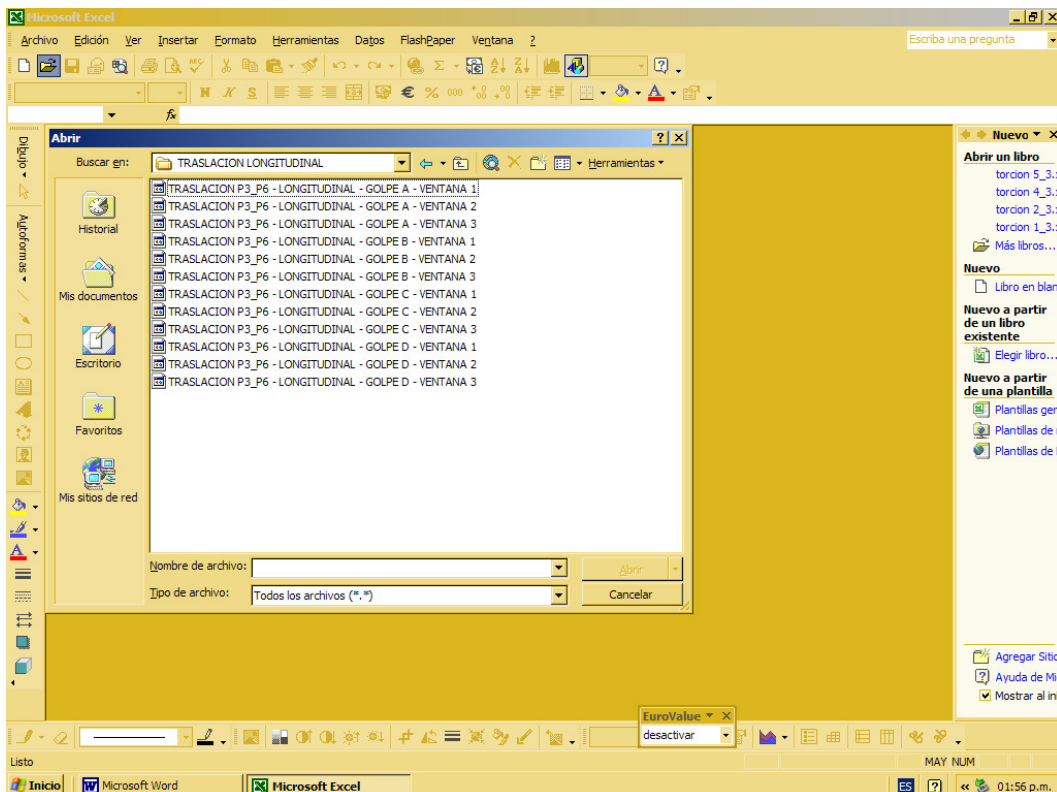


Función de transferencia empírica para segmento A3-B3.

Procesamiento de las funciones de transferencia empírica para la obtención de las gráficas “amplitud frecuencia” para calcular los 3 sentidos del primer modo de vibrar del edificio.

En Excel se manejaron las funciones de transferencia empíricas calculadas con el software Degtra (xp) y se obtuvieron las gráficas “amplitud- frecuencia”. El procedimiento se describe a continuación con las siguientes imágenes. Las imágenes de ejemplo, son las correspondientes al cálculo empírico del 1er. modo de vibrar del edificio, en las direcciones longitudinal y transversal. Cabe recalcar, que para obtener el periodo en estas dos direcciones, se procesaron las 12 funciones de transferencia que corresponden a:

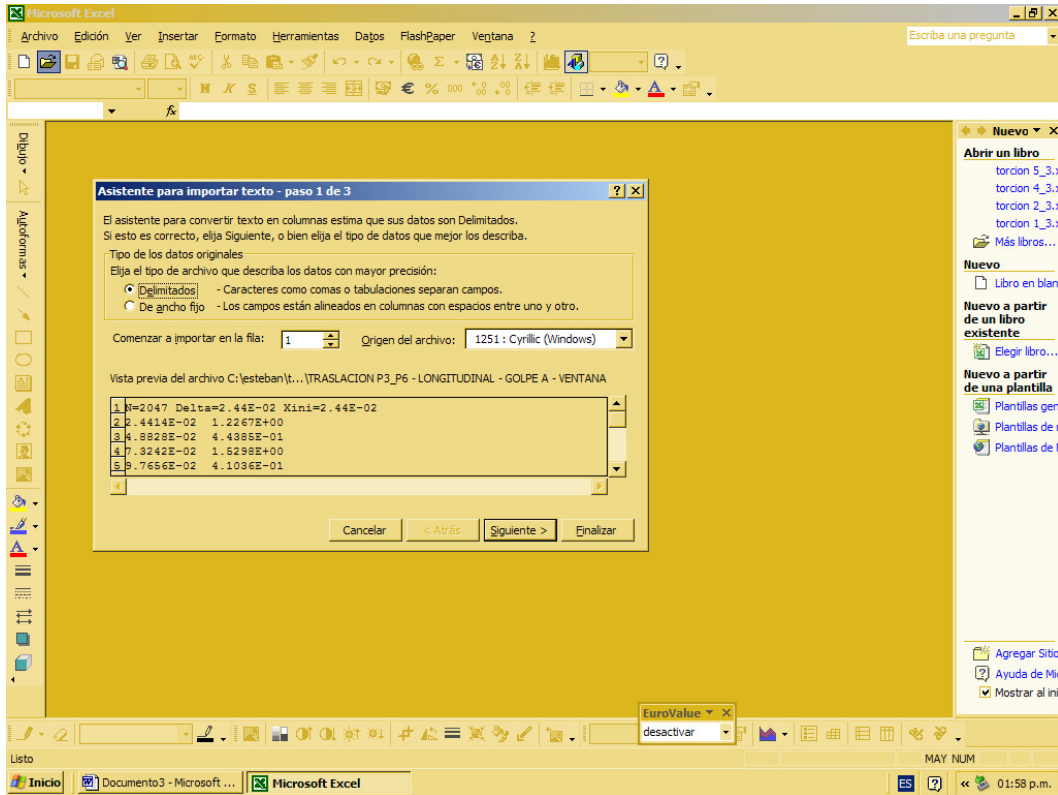
Punto 3 / Punto 6.



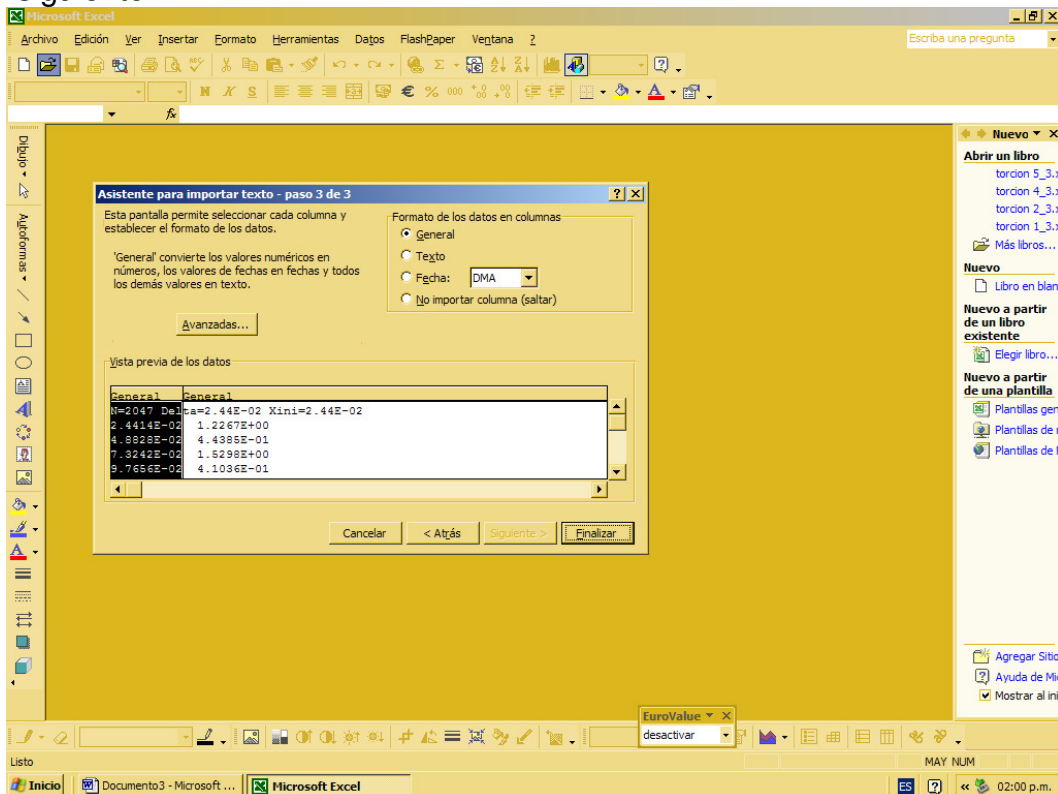
Abrir archivo (función de transferencia guardada en formato Degtra)

En este caso abriremos el archivo correspondiente a:

Traslacion – longitudinal- golpe A – ventana 1



Con esto aparecerá un convertidor de texto en columnas. Es necesario seleccionar la opción “de ancho fijo” y dar clic en el botón “siguiente”.



Dar clic en finalizar

| | A | B | C |
|----|------------|-------------|---------------|
| 1 | N=2047 Del | ta=2.44E-02 | Xini=2.44E-02 |
| 2 | 2.44E-02 | 1.23E+00 | |
| 3 | 4.88E-02 | 4.44E-01 | |
| 4 | 7.32E-02 | 1.53E+00 | |
| 5 | 9.77E-02 | 4.10E-01 | |
| 6 | 1.22E-01 | 1.76E+00 | |
| 7 | 1.46E-01 | 3.92E-01 | |
| 8 | 1.71E-01 | 1.15E+00 | |
| 9 | 1.95E-01 | 1.43E+00 | |
| 10 | 2.20E-01 | 5.95E-01 | |
| 11 | 2.44E-01 | 5.61E-01 | |
| 12 | 2.69E-01 | 9.36E-01 | |
| 13 | 2.93E-01 | 3.12E+00 | |
| 14 | 3.17E-01 | 8.75E-01 | |
| 15 | 3.42E-01 | 6.70E-01 | |
| 16 | 3.66E-01 | 3.59E-01 | |
| 17 | 3.91E-01 | 8.52E-01 | |
| 18 | 4.15E-01 | 8.94E-01 | |
| 19 | 4.39E-01 | 1.23E+00 | |
| 20 | 4.64E-01 | 1.64E+00 | |
| 21 | 4.88E-01 | 2.80E+00 | |
| 22 | 5.13E-01 | 1.97E+00 | |
| 23 | 5.37E-01 | 1.58E+00 | |
| 24 | 5.62E-01 | 1.24E+00 | |
| 25 | 5.86E-01 | 7.31E-01 | |
| 26 | 6.10E-01 | 3.45E-01 | |
| 27 | 6.35E-01 | 9.31E-01 | |
| 28 | 6.59E-01 | 9.52E-01 | |
| 29 | 6.84E-01 | 9.89E-01 | |
| 30 | 7.08E-01 | 1.53E+00 | |
| 31 | 7.32E-01 | 1.48E+00 | |
| 32 | 7.57E-01 | 1.55E+00 | |

Estos nuevos datos se copiaron y se pagaron en una hoja de cálculo realizada previamente, la cual nos permite graficar los registros:

| | A | B | C |
|----|------------|-------------|---------------|
| 1 | N=2047 Del | ta=2.44E-02 | Xini=2.44E-02 |
| 2 | 2.44E-02 | 1.23E+00 | |
| 3 | 4.88E-02 | 4.44E-01 | |
| 4 | 7.32E-02 | 1.53E+00 | |
| 5 | 9.77E-02 | 4.10E-01 | |
| 6 | 1.22E-01 | 1.76E+00 | |
| 7 | 1.46E-01 | 3.92E-01 | |
| 8 | 1.71E-01 | 1.15E+00 | |
| 9 | 1.95E-01 | 1.43E+00 | |
| 10 | 2.20E-01 | 5.95E-01 | |
| 11 | 2.44E-01 | 5.61E-01 | |
| 12 | 2.69E-01 | 9.36E-01 | |
| 13 | 2.93E-01 | 3.12E+00 | |
| 14 | 3.17E-01 | 8.75E-01 | |
| 15 | 3.42E-01 | 6.70E-01 | |
| 16 | 3.66E-01 | 3.59E-01 | |
| 17 | 3.91E-01 | 8.52E-01 | |
| 18 | 4.15E-01 | 8.94E-01 | |
| 19 | 4.39E-01 | 1.23E+00 | |
| 20 | 4.64E-01 | 1.64E+00 | |
| 21 | 4.88E-01 | 2.80E+00 | |
| 22 | 5.13E-01 | 1.97E+00 | |
| 23 | 5.37E-01 | 1.58E+00 | |
| 24 | 5.62E-01 | 1.24E+00 | |
| 25 | 5.86E-01 | 7.31E-01 | |
| 26 | 6.10E-01 | 3.45E-01 | |
| 27 | 6.35E-01 | 9.31E-01 | |
| 28 | 6.59E-01 | 9.52E-01 | |
| 29 | 6.84E-01 | 9.89E-01 | |
| 30 | 7.08E-01 | 1.53E+00 | |
| 31 | 7.32E-01 | 1.48E+00 | |
| 32 | 7.57E-01 | 1.55E+00 | |

Microsoft Excel - TRASLACION P3_P6 - LONGITUDINAL - GOLPE A - VENTANA 1

Archivo Edición Ver Insertar Formato Herramientas Datos FlashPaper Ventana ?

0.024414

| | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L |
|------|----------|----------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2017 | 4.92E+01 | 5.58E-01 | | | | | | | | | | |
| 2018 | 4.92E+01 | 5.43E-01 | | | | | | | | | | |
| 2019 | 4.93E+01 | 5.16E-01 | | | | | | | | | | |
| 2020 | 4.93E+01 | 5.10E-01 | | | | | | | | | | |
| 2021 | 4.93E+01 | 5.18E-01 | | | | | | | | | | |
| 2022 | 4.93E+01 | 5.50E-01 | | | | | | | | | | |
| 2023 | 4.94E+01 | 5.22E-01 | | | | | | | | | | |
| 2024 | 4.94E+01 | 5.22E-01 | | | | | | | | | | |
| 2025 | 4.94E+01 | 5.34E-01 | | | | | | | | | | |
| 2026 | 4.94E+01 | 5.35E-01 | | | | | | | | | | |
| 2027 | 4.95E+01 | 5.39E-01 | | | | | | | | | | |
| 2028 | 4.95E+01 | 5.25E-01 | | | | | | | | | | |
| 2029 | 4.95E+01 | 5.20E-01 | | | | | | | | | | |
| 2030 | 4.95E+01 | 5.14E-01 | | | | | | | | | | |
| 2031 | 4.96E+01 | 5.05E-01 | | | | | | | | | | |
| 2032 | 4.96E+01 | 5.06E-01 | | | | | | | | | | |
| 2033 | 4.96E+01 | 5.13E-01 | | | | | | | | | | |
| 2034 | 4.96E+01 | 4.98E-01 | | | | | | | | | | |
| 2035 | 4.97E+01 | 5.08E-01 | | | | | | | | | | |
| 2036 | 4.97E+01 | 4.58E-01 | | | | | | | | | | |
| 2037 | 4.97E+01 | 4.88E-01 | | | | | | | | | | |
| 2038 | 4.97E+01 | 5.13E-01 | | | | | | | | | | |
| 2039 | 4.98E+01 | 4.82E-01 | | | | | | | | | | |
| 2040 | 4.98E+01 | 5.09E-01 | | | | | | | | | | |
| 2041 | 4.98E+01 | 6.24E-01 | | | | | | | | | | |
| 2042 | 4.98E+01 | 6.24E-01 | | | | | | | | | | |
| 2043 | 4.99E+01 | 6.78E-01 | | | | | | | | | | |
| 2044 | 4.99E+01 | 6.35E-01 | | | | | | | | | | |
| 2045 | 4.99E+01 | 5.81E-01 | | | | | | | | | | |
| 2046 | 4.99E+01 | 5.92E-01 | | | | | | | | | | |
| 2047 | 5.00E+01 | 6.03E-01 | | | | | | | | | | |
| 2048 | 5.00E+01 | 5.88E-01 | | | | | | | | | | |

Suma=5.25E+04 MAY NUM

Microsoft Excel - TRASLACION P3_P6 - LONGITUDINAL - GOLPE A - VENTANA 1

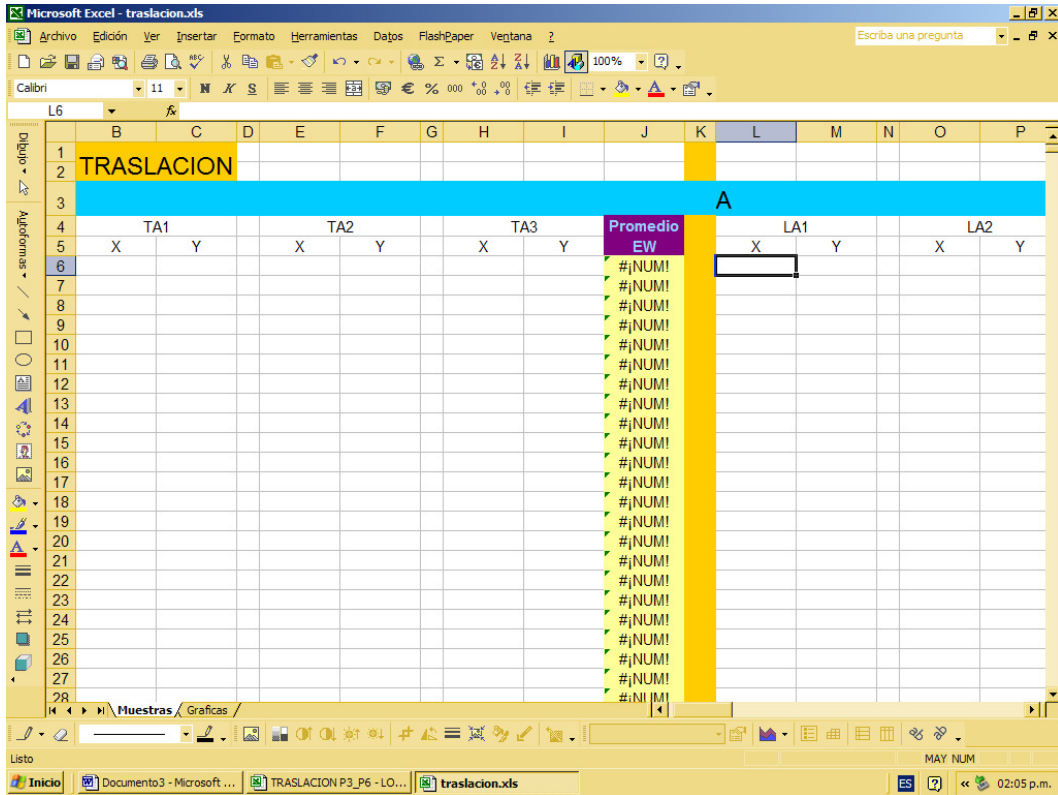
Archivo Edición Ver Insertar Formato Herramientas Datos FlashPaper Ventana ?

0.024414

| | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L |
|------|----------|----------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2017 | 4.92E+01 | 5.58E-01 | | | | | | | | | | |
| 2018 | 4.92E+01 | 5.43E-01 | | | | | | | | | | |
| 2019 | 4.93E+01 | 5.16E-01 | | | | | | | | | | |
| 2020 | 4.93E+01 | 5.10E-01 | | | | | | | | | | |
| 2021 | 4.93E+01 | 5.18E-01 | | | | | | | | | | |
| 2022 | 4.93E+01 | 5.50E-01 | | | | | | | | | | |
| 2023 | 4.94E+01 | 5.22E-01 | | | | | | | | | | |
| 2024 | 4.94E+01 | 5.22E-01 | | | | | | | | | | |
| 2025 | 4.94E+01 | 5.34E-01 | | | | | | | | | | |
| 2026 | 4.94E+01 | 5.35E-01 | | | | | | | | | | |
| 2027 | 4.95E+01 | 5.39E-01 | | | | | | | | | | |
| 2028 | 4.95E+01 | 5.25E-01 | | | | | | | | | | |
| 2029 | 4.95E+01 | 5.20E-01 | | | | | | | | | | |
| 2030 | 4.95E+01 | 5.14E-01 | | | | | | | | | | |
| 2031 | 4.96E+01 | 5.05E-01 | | | | | | | | | | |
| 2032 | 4.96E+01 | 5.06E-01 | | | | | | | | | | |
| 2033 | 4.96E+01 | 5.13E-01 | | | | | | | | | | |
| 2034 | 4.96E+01 | 4.98E-01 | | | | | | | | | | |
| 2035 | 4.97E+01 | 5.08E-01 | | | | | | | | | | |
| 2036 | 4.97E+01 | 4.58E-01 | | | | | | | | | | |
| 2037 | 4.97E+01 | 4.88E-01 | | | | | | | | | | |
| 2038 | 4.97E+01 | 5.13E-01 | | | | | | | | | | |
| 2039 | 4.98E+01 | 4.82E-01 | | | | | | | | | | |
| 2040 | 4.98E+01 | 5.09E-01 | | | | | | | | | | |
| 2041 | 4.98E+01 | 6.24E-01 | | | | | | | | | | |
| 2042 | 4.98E+01 | 6.24E-01 | | | | | | | | | | |
| 2043 | 4.99E+01 | 6.78E-01 | | | | | | | | | | |
| 2044 | 4.99E+01 | 6.35E-01 | | | | | | | | | | |
| 2045 | 4.99E+01 | 5.81E-01 | | | | | | | | | | |
| 2046 | 4.99E+01 | 5.92E-01 | | | | | | | | | | |
| 2047 | 5.00E+01 | 6.03E-01 | | | | | | | | | | |
| 2048 | 5.00E+01 | 5.88E-01 | | | | | | | | | | |

Suma=5.25E+04 MAY NUM

Copiado de datos



Los datos deben ser pegados en el lugar correcto según el archivo. En este caso es el archivo:

Traslación – longitudinal- golpe A – ventana 1 y deberá ser pegado a partir de la celda seleccionada en la ilustración.

| | TA1 | TA2 | TA3 | Promedio EW | LA1 | LA2 |
|----|-----|-----|-----|-------------|----------|----------|
| | X | Y | X | Y | X | Y |
| 6 | | | | #¡NUM! | 2.44E-02 | 1.23E+00 |
| 7 | | | | #¡NUM! | 4.88E-02 | 4.44E-01 |
| 8 | | | | #¡NUM! | 7.32E-02 | 1.53E+00 |
| 9 | | | | #¡NUM! | 9.77E-02 | 4.10E-01 |
| 10 | | | | #¡NUM! | 1.22E-01 | 1.76E+00 |
| 11 | | | | #¡NUM! | 1.46E-01 | 3.92E-01 |
| 12 | | | | #¡NUM! | 1.71E-01 | 1.15E+00 |
| 13 | | | | #¡NUM! | 1.95E-01 | 1.43E+00 |
| 14 | | | | #¡NUM! | 2.20E-01 | 5.95E-01 |
| 15 | | | | #¡NUM! | 2.44E-01 | 5.61E-01 |
| 16 | | | | #¡NUM! | 2.69E-01 | 9.36E-01 |
| 17 | | | | #¡NUM! | 2.93E-01 | 3.12E+00 |
| 18 | | | | #¡NUM! | 3.17E-01 | 8.75E-01 |
| 19 | | | | #¡NUM! | 3.42E-01 | 6.70E-01 |
| 20 | | | | #¡NUM! | 3.66E-01 | 3.59E-01 |
| 21 | | | | #¡NUM! | 3.91E-01 | 8.52E-01 |
| 22 | | | | #¡NUM! | 4.15E-01 | 8.94E-01 |
| 23 | | | | #¡NUM! | 4.39E-01 | 1.23E+00 |
| 24 | | | | #¡NUM! | 4.64E-01 | 1.64E+00 |
| 25 | | | | #¡NUM! | 4.88E-01 | 2.80E+00 |
| 26 | | | | #¡NUM! | 5.13E-01 | 1.97E+00 |
| 27 | | | | #¡NUM! | 5.37E-01 | 1.58E+00 |
| 28 | | | | #¡NUM! | 5.62E-01 | 1.24E+00 |

Esto se realiza con las 24 funciones de transferencia obtenidas al dividir un punto entre otro, para este ejemplo, el punto 3 entre el punto 6 para obtener los modos para la traslación longitudinal y transversal.

Microsoft Excel - traslacion.xls

Archivo Edición Ver Insertar Formato Herramientas Datos FlashPaper Ventana ? Escribe una pregunta

Calibri 11 N X S % 000 000 000

BX12 1.1226

| TRASLACION | | | | | | | | | | | | | | |
|------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-------------|----------|----------|----------|----------|-------------|----------|-----------|
| A | | | | | | | | | | | | | | |
| | TA1 | | TA2 | | TA3 | | Promedio EW | LA1 | | LA2 | | Promedio NS | | |
| | X | Y | X | Y | X | Y | | X | Y | X | Y | | | |
| 6 | 2.44E-02 | 7.03E+00 | 2.44E-02 | 7.72E+00 | 2.44E-02 | 7.55E+00 | 7.424E+00 | 2.44E-02 | 1.23E+00 | 2.44E-02 | 2.49E+00 | 2.44E-02 | 1.38E+00 | 1.615E+01 |
| 7 | 4.88E-02 | 5.81E+00 | 4.88E-02 | 9.70E+00 | 4.88E-02 | 9.83E+00 | 8.215E+00 | 4.88E-02 | 4.44E+01 | 4.88E-02 | 2.72E+00 | 4.88E-02 | 1.15E+00 | 1.242E+01 |
| 8 | 7.32E-02 | 8.55E+00 | 7.32E-02 | 9.05E+00 | 7.32E-02 | 7.42E+00 | 8.307E+00 | 7.32E-02 | 1.53E+00 | 7.32E-02 | 2.90E+01 | 7.32E-02 | 9.47E+01 | 7.490E+00 |
| 9 | 9.77E-02 | 6.97E+00 | 9.77E-02 | 7.24E+00 | 9.77E-02 | 6.80E+00 | 6.999E+00 | 9.77E-02 | 4.10E+01 | 9.77E-02 | 1.67E+00 | 9.77E-02 | 5.20E+01 | 7.094E+00 |
| 10 | 1.22E-01 | 4.82E+00 | 1.22E-01 | 1.37E+01 | 1.22E-01 | 1.15E+01 | 9.107E+00 | 1.22E-01 | 1.76E+00 | 1.22E-01 | 2.99E+01 | 1.22E-01 | 3.77E+01 | 6.829E+00 |
| 11 | 1.46E-01 | 6.79E+00 | 1.46E-01 | 5.67E+00 | 1.46E-01 | 1.53E+00 | 3.894E+00 | 1.46E-01 | 3.92E+01 | 1.46E-01 | 3.02E+00 | 1.46E-01 | 1.73E+00 | 2.69E+00 |
| 12 | 1.71E-01 | 5.66E+00 | 1.71E-01 | 6.72E+00 | 1.71E-01 | 9.01E+00 | 6.999E+00 | 1.71E-01 | 1.15E+00 | 1.71E-01 | 6.12E+01 | 1.71E-01 | 1.16E+00 | 9.369E+00 |
| 13 | 1.95E-01 | 3.83E+00 | 1.95E-01 | 2.32E+01 | 1.95E-01 | 5.65E+00 | 8.049E+00 | 1.95E-01 | 1.43E+00 | 1.95E-01 | 1.20E+00 | 1.95E-01 | 1.15E+00 | 1.235E+01 |
| 14 | 2.20E-01 | 3.81E+00 | 2.20E-01 | 8.41E+00 | 2.20E-01 | 6.87E+00 | 6.037E+00 | 2.20E-01 | 5.95E+01 | 2.20E-01 | 5.57E+01 | 2.20E-01 | 8.84E+01 | 7.670E+00 |
| 15 | 2.44E-01 | 4.89E+00 | 2.44E-01 | 4.80E+00 | 2.44E-01 | 6.15E+00 | 5.245E+00 | 2.44E-01 | 5.61E+01 | 2.44E-01 | 1.08E+00 | 2.44E-01 | 9.13E+01 | 8.210E+00 |
| 16 | 2.69E-01 | 5.94E+00 | 2.69E-01 | 4.62E+00 | 2.69E-01 | 6.98E+00 | 5.764E+00 | 2.69E-01 | 9.36E+01 | 2.69E-01 | 1.25E+00 | 2.69E-01 | 7.63E+01 | 9.619E+00 |
| 17 | 2.93E-01 | 5.87E+00 | 2.93E-01 | 5.55E+00 | 2.93E-01 | 7.12E+00 | 6.146E+00 | 2.93E-01 | 3.12E+00 | 2.93E-01 | 2.76E+00 | 2.93E-01 | 4.93E+01 | 1.620E+01 |
| 18 | 3.17E-01 | 5.78E+00 | 3.17E-01 | 6.31E+00 | 3.17E-01 | 9.47E+00 | 7.015E+00 | 3.17E-01 | 8.75E+01 | 3.17E-01 | 2.41E+00 | 3.17E-01 | 5.76E+01 | 1.067E+01 |
| 19 | 3.42E-01 | 4.56E+00 | 3.42E-01 | 5.73E+00 | 3.42E-01 | 6.09E+00 | 5.417E+00 | 3.42E-01 | 6.70E+01 | 3.42E-01 | 1.72E+00 | 3.42E-01 | 6.76E+01 | 9.204E+00 |
| 20 | 3.66E-01 | 4.63E+00 | 3.66E-01 | 5.81E+00 | 3.66E-01 | 5.40E+00 | 5.258E+00 | 3.66E-01 | 3.59E+01 | 3.66E-01 | 1.28E+00 | 3.66E-01 | 9.89E+01 | 7.692E+00 |
| 21 | 3.91E-01 | 3.28E+00 | 3.91E-01 | 3.32E+00 | 3.91E-01 | 4.09E+00 | 3.544E+00 | 3.91E-01 | 8.52E+01 | 3.91E-01 | 1.32E+00 | 3.91E-01 | 9.71E+01 | 1.029E+01 |
| 22 | 4.15E-01 | 3.17E+00 | 4.15E-01 | 3.22E+00 | 4.15E-01 | 3.54E+00 | 3.304E+00 | 4.15E-01 | 8.94E+01 | 4.15E-01 | 1.28E+00 | 4.15E-01 | 8.20E+01 | 9.801E+00 |
| 23 | 4.39E-01 | 2.77E+00 | 4.39E-01 | 2.87E+00 | 4.39E-01 | 1.56E+00 | 2.315E+00 | 4.39E-01 | 1.23E+00 | 4.39E-01 | 1.73E+00 | 4.39E-01 | 7.30E+01 | 1.163E+01 |
| 24 | 4.64E-01 | 3.58E+00 | 4.64E-01 | 6.92E+00 | 4.64E-01 | 1.72E+00 | 3.491E+00 | 4.64E-01 | 1.64E+00 | 4.64E-01 | 1.16E+00 | 4.64E-01 | 1.07E+00 | 1.267E+01 |
| 25 | 4.88E-01 | 2.68E+00 | 4.88E-01 | 4.12E+00 | 4.88E-01 | 1.33E+00 | 2.448E+00 | 4.88E-01 | 2.80E+00 | 4.88E-01 | 1.15E+00 | 4.88E-01 | 1.14E+00 | 1.539E+01 |
| 26 | 5.13E-01 | 2.37E+00 | 5.13E-01 | 3.31E+00 | 5.13E-01 | 1.06E+00 | 2.022E+00 | 5.13E-01 | 1.97E+00 | 5.13E-01 | 1.05E+00 | 5.13E-01 | 1.53E+00 | 1.467E+01 |
| 27 | 5.37E-01 | 1.88E+00 | 5.37E-01 | 2.59E+00 | 5.37E-01 | 6.01E+01 | 1.429E+00 | 5.37E-01 | 1.58E+00 | 5.37E-01 | 1.17E+00 | 5.37E-01 | 1.88E+00 | 1.517E+01 |
| 28 | 5.62E-01 | 1.76E+00 | 5.62E-01 | 1.98E+00 | 5.62E-01 | 8.86E+01 | 1.455E+00 | 5.62E-01 | 1.24E+00 | 5.62E-01 | 1.69E+00 | 5.62E-01 | 1.67E+00 | 1.520E+01 |
| 29 | 5.86E-01 | 1.22E+00 | 5.86E-01 | 1.66E+00 | 5.86E-01 | 1.11E+00 | 1.308E+00 | 5.86E-01 | 7.31E+01 | 5.86E-01 | 1.04E+00 | 5.86E-01 | 1.59E+00 | 1.065E+01 |
| 30 | 6.10E-01 | 1.55E+00 | 6.10E-01 | 2.00E+00 | 6.10E-01 | 1.88E+00 | 1.797E+00 | 6.10E-01 | 3.45E+01 | 6.10E-01 | 9.48E+01 | 6.10E-01 | 9.35E+01 | 6.739E+00 |
| 31 | 6.35E-01 | 1.93E+00 | 6.35E-01 | 2.93E+00 | 6.35E-01 | 2.08E+00 | 2.274E+00 | 6.35E-01 | 9.31E+01 | 6.35E-01 | 6.35E+01 | 6.35E-01 | 1.01E+00 | 6.828E+00 |
| 32 | 6.59E-01 | 1.95E+00 | 6.59E-01 | 2.03E+00 | 6.59E-01 | 1.71E+00 | 1.892E+00 | 6.59E-01 | 9.52E+01 | 6.59E-01 | 6.01E+01 | 6.59E-01 | 8.30E+01 | 7.803E+00 |
| 33 | 6.84E-01 | 2.31E+00 | 6.84E-01 | 2.28E+00 | 6.84E-01 | 1.84E+00 | 2.132E+00 | 6.84E-01 | 8.99E+01 | 6.84E-01 | 5.85E+01 | 6.84E-01 | 7.60E+01 | 7.605E+00 |
| 34 | 7.08E-01 | 2.37E+00 | 7.08E-01 | 2.21E+00 | 7.08E-01 | 1.93E+00 | 1.696E+00 | 7.08E-01 | 1.53E+00 | 7.08E-01 | 4.69E+01 | 7.08E-01 | 9.91E+01 | 8.339E+00 |
| 35 | 7.32E-01 | 2.31E+00 | 7.32E-01 | 1.81E+00 | 7.32E-01 | 1.53E+00 | 1.857E+00 | 7.32E-01 | 1.48E+00 | 7.32E-01 | 7.25E+01 | 7.32E-01 | 1.18E+00 | 1.051E+01 |
| 36 | 7.57E-01 | 2.47E+00 | 7.57E-01 | 1.60E+00 | 7.57E-01 | 1.63E+00 | 1.859E+00 | 7.57E-01 | 1.55E+00 | 7.57E-01 | 8.18E+01 | 7.57E-01 | 1.69E+00 | 1.291E+01 |
| 37 | 7.81E-01 | 1.78E+00 | 7.81E-01 | 1.82E+00 | 7.81E-01 | 1.41E+00 | 1.658E+00 | 7.81E-01 | 1.47E+00 | 7.81E-01 | 9.28E+01 | 7.81E-01 | 1.83E+00 | 1.358E+01 |
| 38 | 8.06E-01 | 1.69E+00 | 8.06E-01 | 1.43E+00 | 8.06E-01 | 1.06E+00 | 1.370E+00 | 8.06E-01 | 2.27E+00 | 8.06E-01 | 1.09E+00 | 8.06E-01 | 1.47E+00 | 1.535E+01 |

Golpe A

Microsoft Excel - traslacion.xls

Archivo Edición Ver Insertar Formato Herramientas Datos FlashPaper Ventana ? Escribe una pregunta

Calibri 11 N X S % 000 000 000

BX12 1.1226

| TRASLACION | | | | | | | | | | | | | | |
|------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-------------|----------|----------|----------|----------|-------------|----------|-----------|
| B | | | | | | | | | | | | | | |
| | TB1 | | TB2 | | TB3 | | Promedio EW | LB1 | | LB2 | | Promedio NS | | |
| | X | Y | X | Y | X | Y | | X | Y | X | Y | | | |
| 6 | 2.44E-02 | 9.24E+00 | 2.44E-02 | 1.32E+01 | 2.44E-02 | 1.43E+01 | 1.208E+01 | 2.44E-02 | 1.45E+00 | 2.44E-02 | 4.86E+01 | 2.44E-02 | 1.48E+00 | 1.014E+01 |
| 7 | 4.88E-02 | 1.15E+00 | 4.88E-02 | 1.20E+01 | 4.88E-02 | 1.36E+01 | 1.362E+01 | 4.88E-02 | 3.40E+00 | 4.88E-02 | 3.73E+01 | 4.88E-02 | 4.89E+01 | 8.030E+00 |
| 8 | 7.32E-02 | 9.78E+00 | 7.32E-02 | 7.57E+00 | 7.32E-02 | 1.02E+01 | 9.092E+00 | 7.32E-02 | 1.83E+00 | 7.32E-02 | 7.17E+01 | 7.32E-02 | 5.02E+01 | 6.899E+00 |
| 9 | 9.77E-02 | 7.43E+00 | 9.77E-02 | 1.21E+01 | 9.77E-02 | 7.02E+00 | 8.573E+00 | 9.77E-02 | 1.34E+00 | 9.77E-02 | 1.48E+00 | 9.77E-02 | 5.11E+01 | 1.042E+01 |
| 10 | 1.22E-01 | 9.23E+00 | 1.22E-01 | 1.48E+01 | 1.22E-01 | 1.20E+01 | 1.180E+01 | 1.22E-01 | 7.01E+01 | 1.22E-01 | 5.29E+01 | 1.22E-01 | 2.07E+00 | 9.164E+00 |
| 11 | 1.46E-01 | 6.70E+00 | 1.46E-01 | 6.00E+00 | 1.46E-01 | 3.10E+00 | 4.995E+00 | 1.46E-01 | 7.52E+01 | 1.46E-01 | 3.10E+00 | 1.46E-01 | 1.22E+00 | 1.416E+01 |
| 12 | 1.71E-01 | 3.48E+01 | 1.71E-01 | 1.33E+01 | 1.71E-01 | 3.24E+00 | 1.145E+01 | 1.71E-01 | 4.52E+01 | 1.71E-01 | 1.53E+00 | 1.71E-01 | 2.58E+00 | 1.211E+01 |
| 13 | 1.95E-01 | 6.04E+00 | 1.95E-01 | 1.65E+00 | 1.95E-01 | 2.14E+01 | 5.967E+00 | 1.95E-01 | 9.39E+01 | 1.95E-01 | 1.81E+00 | 1.95E-01 | 2.84E+01 | 7.840E+00 |
| 14 | 2.20E-01 | 3.73E+00 | 2.20E-01 | 1.85E+00 | 2.20E-01 | 6.00E+00 | 3.457E+00 | 2.20E-01 | 8.45E+01 | 2.20E-01 | 1.43E+00 | 2.20E-01 | 7.93E+01 | 9.856E+00 |
| 15 | 2.44E-01 | 3.72E+00 | 2.44E-01 | 2.46E+00 | 2.44E-01 | 5.61E+00 | 3.791E+00 | 2.44E-01 | 9.69E+01 | 2.44E-01 | 1.02E+00 | 2.44E-01 | 2.71E+00 | 1.391E+01 |
| 16 | 2.69E-01 | 5.30E+00 | 2.69E-01 | 3.57E+00 | 2.69E-01 | 7.02E+00 | 5.100E+00 | 2.69E-01 | 9.54E+01 | 2.69E-01 | 1.02E+00 | 2.69E-01 | 4.23E+00 | 1.603E+01 |
| 17 | 2.93E-01 | 4.92E+00 | 2.93E-01 | 4.03E+00 | 2.93E-01 | 6.55E+00 | 5.066E+00 | 2.93E-01 | 1.39E+00 | 2.93E-01 | 1.04E+00 | 2.93E-01 | 2.59E+00 | 1.627E+01 |
| 18 | 3.17E-01 | 4.88E+00 | 3.17E-01 | 3.78E+00 | 3.17E-01 | 6.79E+00 | 5.005E+00 | 3.17E-01 | 8.89E+01 | 3.17E-01 | 7.25E+01 | 3.17E-01 | 2.08E+00 | 1.102E+01 |
| 19 | 3.42E-01 | 4.24E+00 | 3.42E-01 | 4.04E+00 | 3.42E-01 | 4.19E+00 | 4.156E+00 | 3.42E-01 | 1.14E+00 | 3.42E-01 | 1.24E+00 | 3.42E-01 | 1.60E+00 | 1.314E+01 |
| 20 | 3.66E-01 | 4.85E+00 | 3.66E-01 | 3.84E+00 | 3.66E-01 | 3.13E+00 | 3.878E+00 | 3.66E-01 | 1.04E+00 | 3.66E-01 | 1.15E+00 | 3.66E-01 | 2.02E+00 | 1.340E+01 |
| 21 | 3.91E-01 | 4.44E+00 | 3.91E-01 | 4.29E+00 | 3.91E-01 | 2.47E+00 | 3.611E+00 | 3.91E-01 | 1.71E+00 | 3.91E-01 | 1.29E+00 | 3.91E-01 | 1.53E+00 | 1.503E+01 |
| 22 | 4.15E-01 | 5.17E+00 | 4.15E-01 | 4.75E+00 | 4.15E-01 | 2.05E+00 | 3.692E+00 | 4.15E-01 | 2.54E+00 | 4.15E-01 | 8.44E+01 | 4.15E-01 | 7.59E+01 | 1.178E+01 |
| 23 | 4.39E-01 | 3.46E+00 | 4.39E-01 | 4.03E+00 | 4.39E-01 | 1.43E+00 | 2.708E+00 | 4.39E-01 | 2.00E+00 | 4.39E-01 | 1.46E+00 | 4.39E-01 | 2.21E+01 | 8.640E+00 |
| 24 | 4.64E-01 | 2.15E+00 | 4.64E-01 | 3.74E+00 | 4.64E-01 | 1.11E+00 | 2.078E+00 | 4.64E-01 | 1.45E+00 | 4.64E-01 | 1.03E+00 | 4.64E-01 | 2.87E+01 | 7.550E+00 |
| 25 | 4.88E-01 | 1.81E+00 | 4.88E-01 | 1.95E+00 | 4.88E-01 | 8.07E+01 | 1.458E+00 | 4.88E-01 | 1.05E+00 | 4.88E-01 | 1.01E+00 | 4.88E-01 | 6.23E+01 | 8.170E+00 |
| 26 | 5.13E-01 | 1.99E+00 | 5.13E-01 | 1.80E+00 | 5.13E-01 | 2.05E+00 | 1.944E+00 | 5.13E-01 | 1.10E+00 | 5.13E-01 | 8.37E+01 | 5.13E-01 | 2.02E+00 | 1.230E+01 |
| 27 | 5.37E-01 | 2.35E+00 | 5.37E-01 | 9.86E+01 | 5.37E-01 | 1.09E+00 | 1.360E+00 | 5.37E-01 | 1.65E+00 | 5.37E-01 | 2.70E+00 | 5.37E-01 | 1.28E+00 | 1.789E+00 |
| 28 | 5.62E-01 | 1.73E+00 | 5.62E-01 | 1.27E+00 | 5.62E-01 | 1.32E+00 | 1.429E+00 | 5.62E-01 | 1.09E+00 | 5.62E-01 | 2.71E+00 | 5.62E-01 | 1.17E+00 | 1.510E+01 |
| 29 | 5.86E-01 | 1.21E+00 | 5.86E-01 | 9.13E+01 | 5.86E-01 | 1.48E+00 | 1.179E+00 | 5.86E-01 | 5.49E+01 | 5.86E-01 | 2.12E+00 | 5.86E-01 | 9.44E+01 | 1.032E+01 |
| 30 | 6.10E-01 | 1.42E+00 | 6.10E-01 | 2.04E+00 | 6.10E-01 | 2.08E+00 | 1.820E+00 | 6.10E-01 | 5.67E+01 | 6.10E-01 | 1.28E+00 | 6.10E-01 | 1.20E+00 | 9.551E+00 |

Microsoft Excel - traslacion.xls

Archivo Edición Ver Insertar Formato Herramientas Datos FlashPaper Ventana ?

Calibre 11 1.1226

| | AP | AQ | AR | AS | AT | AU | AV | AW | AX | AY | AZ | BA | BB | BC | BD | BE | BF | BG | BH | BI | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----|-------------------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|----|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|----|----|----|----------|----|-----|--|--|--|--|--|-----|--|--|--|--|--|-----|--|--|--|--|--|----------|--|
| 1 | TRASLACION | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | TC1 | | | | | | TC2 | | | | | | TC3 | | | | | | Promedio | | LC1 | | | | | | LC2 | | | | | | LC3 | | | | | | Promedio | |
| 5 | X | Y | X | Y | X | Y | X | Y | X | Y | X | Y | X | Y | X | Y | X | Y | X | Y | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | 2.44E-02 | 8.15E+00 | 2.44E-02 | 8.91E+00 | 2.44E-02 | 1.10E+01 | 9.288E+00 | | 2.44E-02 | 2.94E+00 | 2.44E-02 | 1.63E+00 | 2.44E-02 | 5.08E-01 | 1.344E+00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | 4.88E-02 | 1.67E+01 | 4.88E-02 | 1.08E+01 | 4.88E-02 | 8.49E+00 | 1.146E+01 | | 4.88E-02 | 5.72E-01 | 4.88E-02 | 3.78E+00 | 4.88E-02 | 1.18E+00 | 1.367E+00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | 7.32E-02 | 1.15E+01 | 7.32E-02 | 1.08E+01 | 7.32E-02 | 8.78E+00 | 1.029E+01 | | 7.32E-02 | 3.76E-01 | 7.32E-02 | 9.76E-01 | 7.32E-02 | 8.28E-01 | 6.72E-01 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | 9.77E-02 | 9.60E+00 | 9.77E-02 | 1.48E+01 | 9.77E-02 | 6.10E+00 | 9.544E+00 | | 9.77E-02 | 4.46E-01 | 9.77E-02 | 8.61E-01 | 9.77E-02 | 7.68E-01 | 6.650E-01 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | 1.22E-01 | 4.50E+00 | 1.22E-01 | 9.73E+00 | 1.22E-01 | 7.38E+00 | 6.862E+00 | | 1.22E-01 | 4.78E+00 | 1.22E-01 | 8.76E+00 | 1.22E-01 | 8.62E-01 | 3.299E+00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | 1.46E-01 | 5.67E+00 | 1.46E-01 | 2.86E+01 | 1.46E-01 | 5.47E+00 | 6.967E+00 | | 1.46E-01 | 1.77E+00 | 1.46E-01 | 3.95E+00 | 1.46E-01 | 1.81E+00 | 2.331E+00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | 1.71E-01 | 3.43E+00 | 1.71E-01 | 4.75E+00 | 1.71E-01 | 7.64E+00 | 4.992E+00 | | 1.71E-01 | 4.80E-01 | 1.71E-01 | 7.70E-01 | 1.71E-01 | 1.63E+00 | 8.452E-01 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 13 | 1.95E-01 | 8.56E+00 | 1.95E-01 | 5.16E+00 | 1.95E-01 | 4.19E+00 | 5.696E+00 | | 1.95E-01 | 8.03E-01 | 1.95E-01 | 5.50E-01 | 1.95E-01 | 7.87E-01 | 7.034E-01 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 14 | 2.20E-01 | 6.08E+00 | 2.20E-01 | 2.90E+00 | 2.20E-01 | 5.64E+00 | 4.631E+00 | | 2.20E-01 | 1.25E+00 | 2.20E-01 | 1.06E+00 | 2.20E-01 | 7.38E-01 | 9.928E-01 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 15 | 2.44E-01 | 4.18E+00 | 2.44E-01 | 2.59E+00 | 2.44E-01 | 5.82E+00 | 3.981E+00 | | 2.44E-01 | 1.58E+00 | 2.44E-01 | 1.01E+00 | 2.44E-01 | 8.48E-01 | 1.107E+00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 16 | 2.69E-01 | 3.72E+00 | 2.69E-01 | 3.64E+00 | 2.69E-01 | 4.81E+00 | 4.093E+00 | | 2.69E-01 | 1.87E+00 | 2.69E-01 | 1.39E+00 | 2.69E-01 | 9.54E-01 | 1.356E+00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 17 | 2.93E-01 | 3.54E+00 | 2.93E-01 | 8.00E+00 | 2.93E-01 | 5.22E+00 | 4.803E+00 | | 2.93E-01 | 1.55E+00 | 2.93E-01 | 1.37E+00 | 2.93E-01 | 9.99E-01 | 1.289E+00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 18 | 3.17E-01 | 3.85E+00 | 3.17E-01 | 4.98E+00 | 3.17E-01 | 3.74E+00 | 4.154E+00 | | 3.17E-01 | 1.62E+00 | 3.17E-01 | 1.28E+00 | 3.17E-01 | 7.30E-01 | 1.148E+00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 19 | 3.42E-01 | 4.70E+00 | 3.42E-01 | 4.95E+00 | 3.42E-01 | 3.42E+00 | 4.299E+00 | | 3.42E-01 | 2.93E+00 | 3.42E-01 | 1.04E+00 | 3.42E-01 | 6.47E-01 | 1.255E+00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 20 | 3.66E-01 | 3.96E+00 | 3.66E-01 | 4.61E+00 | 3.66E-01 | 2.80E+00 | 3.709E+00 | | 3.66E-01 | 2.42E+00 | 3.66E-01 | 7.99E-01 | 3.66E-01 | 8.76E-01 | 1.192E+00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 21 | 3.91E-01 | 3.73E+00 | 3.91E-01 | 4.33E+00 | 3.91E-01 | 1.86E+00 | 3.108E+00 | | 3.91E-01 | 2.75E+00 | 3.91E-01 | 7.83E-01 | 3.91E-01 | 9.81E-01 | 1.282E+00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 22 | 4.15E-01 | 3.89E+00 | 4.15E-01 | 3.57E+00 | 4.15E-01 | 1.32E+00 | 2.639E+00 | | 4.15E-01 | 1.70E+00 | 4.15E-01 | 1.58E+00 | 4.15E-01 | 1.22E+00 | 1.482E+00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 23 | 4.39E-01 | 5.02E+00 | 4.39E-01 | 2.69E+00 | 4.39E-01 | 6.84E+00 | 2.099E+00 | | 4.39E-01 | 1.22E+00 | 4.39E-01 | 1.98E+00 | 4.39E-01 | 1.34E+00 | 1.477E+00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 24 | 4.64E-01 | 3.21E+00 | 4.64E-01 | 2.34E+00 | 4.64E-01 | 8.18E-01 | 1.831E+00 | | 4.64E-01 | 8.67E-01 | 4.64E-01 | 1.66E+00 | 4.64E-01 | 1.47E+00 | 1.264E+00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 25 | 4.88E-01 | 3.46E+00 | 4.88E-01 | 2.58E+00 | 4.88E-01 | 1.71E+00 | 2.477E+00 | | 4.88E-01 | 4.66E-01 | 4.88E-01 | 1.20E+00 | 4.88E-01 | 1.73E+00 | 9.902E-01 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 26 | 5.13E-01 | 3.30E+00 | 5.13E-01 | 2.14E+00 | 5.13E-01 | 1.96E+00 | 2.362E+00 | | 5.13E-01 | 6.38E-01 | 5.13E-01 | 1.15E+00 | 5.13E-01 | 2.13E+00 | 1.161E+00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 27 | 5.37E-01 | 3.33E+00 | 5.37E-01 | 2.18E+00 | 5.37E-01 | 1.29E+00 | 2.107E+00 | | 5.37E-01 | 6.09E-01 | 5.37E-01 | 1.34E+00 | 5.37E-01 | 1.51E+00 | 1.071E+00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 28 | 5.62E-01 | 2.10E+00 | 5.62E-01 | 1.39E+00 | 5.62E-01 | 9.17E-01 | 1.386E+00 | | 5.62E-01 | 8.79E-01 | 5.62E-01 | 1.20E+00 | 5.62E-01 | 1.18E+00 | 1.078E+00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 29 | 5.86E-01 | 1.38E+00 | 5.86E-01 | 2.31E+00 | 5.86E-01 | 9.76E-01 | 1.460E+00 | | 5.86E-01 | 6.46E-01 | 5.86E-01 | 1.52E+00 | 5.86E-01 | 1.12E+00 | 1.032E+00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 30 | 6.10E-01 | 2.72E+00 | 6.10E-01 | 2.39E+00 | 6.10E-01 | 2.21E+00 | 2.395E+00 | | 6.10E-01 | 7.61E-01 | 6.10E-01 | 1.52E+00 | 6.10E-01 | 1.11E+00 | 1.087E+00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 31 | 6.35E-01 | 1.68E+00 | 6.35E-01 | 1.49E+00 | 6.35E-01 | 1.42E+00 | 1.525E+00 | | 6.35E-01 | 7.70E-01 | 6.35E-01 | 1.67E+00 | 6.35E-01 | 8.02E-01 | 1.010E+00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 32 | 6.59E-01 | 2.12E+00 | 6.59E-01 | 1.03E+00 | 6.59E-01 | 1.25E+00 | 1.397E+00 | | 6.59E-01 | 6.86E-01 | 6.59E-01 | 1.76E+00 | 6.59E-01 | 9.02E-01 | 1.029E+00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 33 | 6.84E-01 | 2.14E+00 | 6.84E-01 | 6.83E-01 | 6.84E-01 | 1.72E+00 | 1.362E+00 | | 6.84E-01 | 6.45E-01 | 6.84E-01 | 1.51E+00 | 6.84E-01 | 1.11E+00 | 1.025E+00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 34 | 7.08E-01 | 2.01E+00 | 7.08E-01 | 7.14E-01 | 7.08E-01 | 1.26E+00 | 1.218E+00 | | 7.08E-01 | 7.23E-01 | 7.08E-01 | 1.52E+00 | 7.08E-01 | 9.88E-01 | 1.029E+00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 35 | 7.32E-01 | 2.50E+00 | 7.32E-01 | 1.24E+00 | 7.32E-01 | 1.49E+00 | 1.662E+00 | | 7.32E-01 | 6.99E-01 | 7.32E-01 | 1.88E+00 | 7.32E-01 | 1.13E+00 | 1.141E+00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 36 | 7.57E-01 | 2.35E+00 | 7.57E-01 | 1.10E+00 | 7.57E-01 | 1.91E+00 | 1.706E+00 | | 7.57E-01 | 5.63E-01 | 7.57E-01 | 2.21E+00 | 7.57E-01 | 2.08E+00 | 1.374E+00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 37 | 7.81E-01 | 1.71E+00 | 7.81E-01 | 1.14E+00 | 7.81E-01 | 2.10E+00 | 1.600E+00 | | 7.81E-01 | 7.84E-01 | 7.81E-01 | 2.08E+00 | 7.81E-01 | 1.78E+00 | 1.421E+00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 38 | 8.06E-01 | 1.28E+00 | 8.06E-01 | 1.69E+00 | 8.06E-01 | 1.77E+00 | 1.557E+00 | | 8.06E-01 | 8.86E-01 | 8.06E-01 | 1.69E+00 | 8.06E-01 | 1.67E+00 | 1.359E+00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

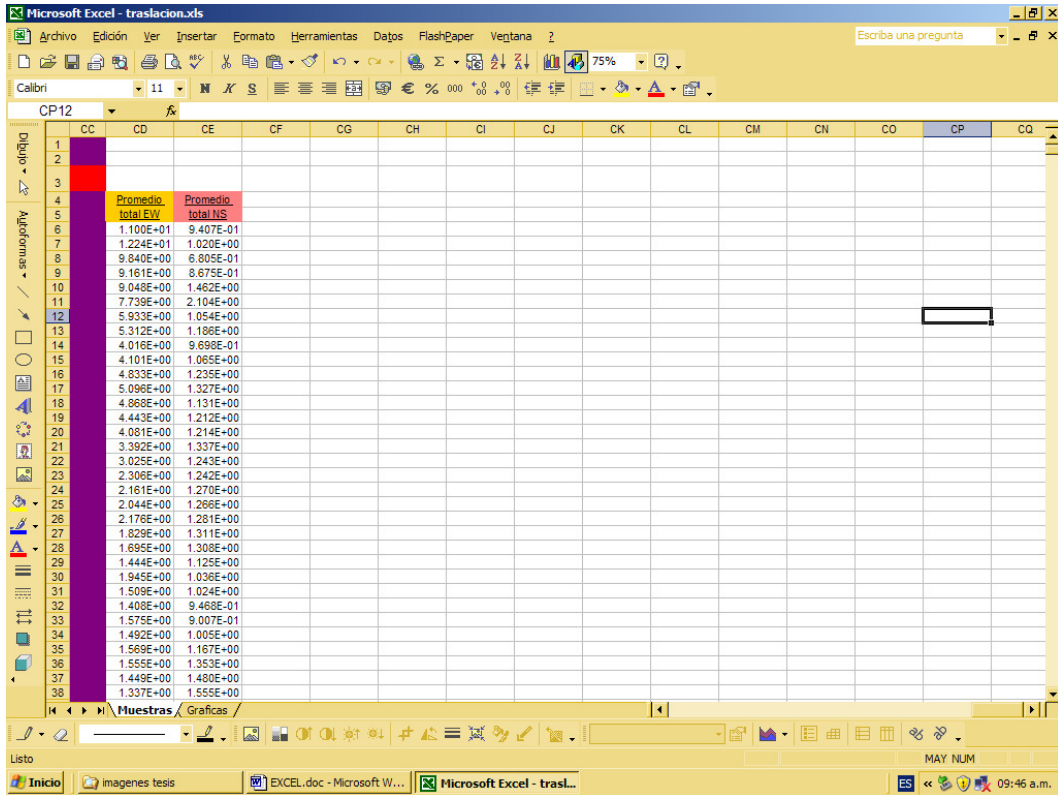
Golpe C

Microsoft Excel - traslacion.xls

Archivo Edición Ver Insertar Formato Herramientas Datos FlashPaper Ventana ?

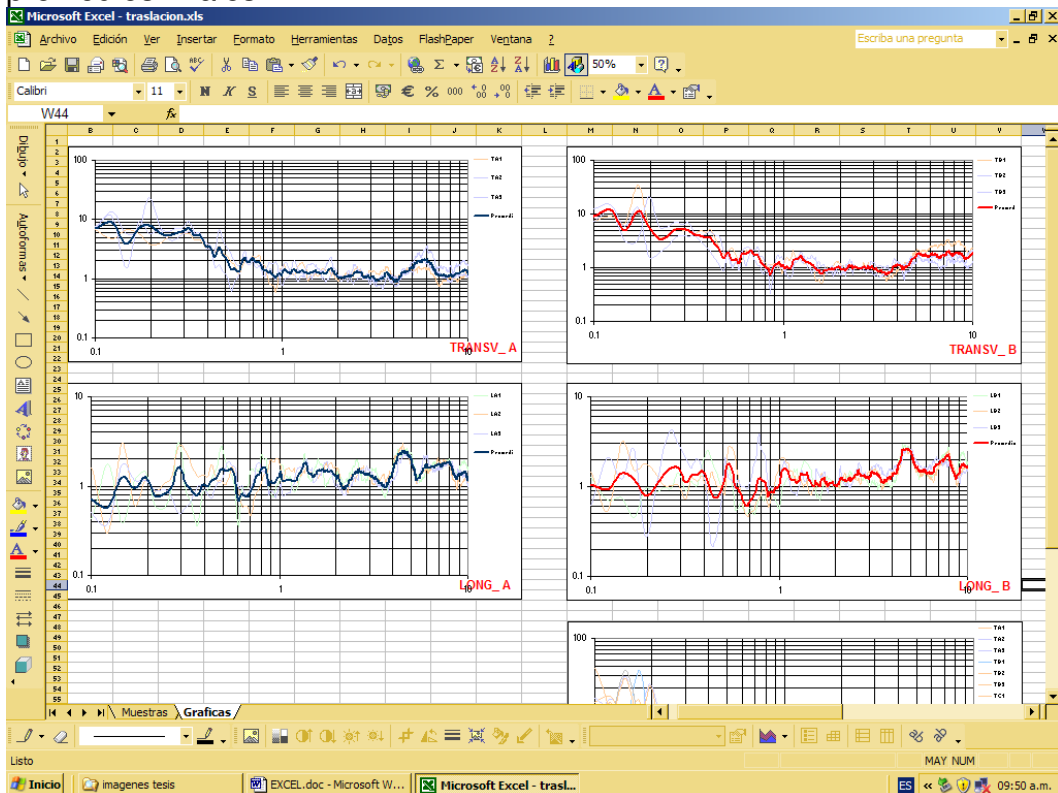
Calibre 11 1.1226

| | BU | BK | BL | BM | BN | BO | BP | BQ | BR | BS | BT | BU | BV | BW | BX | BY | BZ | CA | CB | CC | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----|-------------------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|----|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|----|----|----|----------|----|-----|--|--|--|--|--|-----|--|--|--|--|--|-----|--|--|--|--|--|----------|--|
| 1 | TRASLACION | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | TD1 | | | | | | TD2 | | | | | | TD3 | | | | | | Promedio | | LD1 | | | | | | LD2 | | | | | | LD3 | | | | | | Promedio | |
| 5 | X | Y | X | Y | X | Y | X | Y | X | Y | X | Y | X | Y | X | Y | X | Y | X | Y | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | 2.44E-02 | 1.71E+01 | 2.44E-02 | 1.47E+01 | 2.44E-02 | 2.18E+01 | 1.760E+01 | | 2.44E-02 | 2.17E-01 | 2.44E-02 | 9.33E-01 | 2.44E-02 | 2.23E-01 | 3.581E-01 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | 4.88E-02 | 2.86E+01 | 4.88E-02 | 1.20E+01 | 4.88E-02 | 1.83E+01 | 1.775E+01 | | 4.88E-02 | 5.47E-01 | 4.88E-02 | 2.01E+00 | 4.88E-02 | 4.53E-01 | 7.954E-01 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | 7.32E-02 | 9.01E+00 | 7.32E-02 | 8.53E+00 | 7.32E-02 | 2.29E+01 | 1.207E+01 | | 7.32E-02 | 8.27E-02 | 7.32E-02 | 1.30E+00 | 7.32E-02 | 1.09E+00 | 1.896E-01 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | 9.77E-02 | 3.87E+01 | 9.77E-02 | 5.18E+00 | 9.77E-02 | 9.29E+00 | 1.230E+01 | | 9.77E-02 | 2.28E+00 | 9.77E-02 | 1.15E+00 | 9.77E-02 | 5.57E-01 | 1.123E+00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | 1.22E-01 | 9.94E+00 | 1.22E-01 | 8.59E+00 | 1.22E-01 | 8.80E+00 | 9.090E+00 | | 1.22E-01 | 2.64E-01 | 1.22E-01 | 2.12E+01 | 1.22E-01 | 3.11E+00 | 2.594E+00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | 1.46E-01 | 2.71E+01 | 1.46E-01 | 3.60E+01 | 1.46E-01 | 7.25E+00 | 1.920E+01 | | 1.46E-01 | 3.61E+00 | 1.46E-01 | 7.17E+00 | 1.46E-01 | 3.96E+00 | 4.682E+00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | 1.71E-01 | 5.06E+00 | 1.71E-01 | 6.41E+00 | 1.71E-01 | 9.18E-01 | 3.098E+00 | | 1.71E-01 | 1.72E+00 | 1.71E-01 | 1.12E+00 | 1.71E-01 | 1.11E+00 | 1.289E+00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 13 | 1.95E-01 | 2.79E+00 | 1.95E-01 | 1.45E+00 | 1.95E-01 | 6.09E+00 | 2.910E+00 | | 1.95E-01 | 8.98E-01 | 1.95E-01 | 3.07E-01 | 1.95E-01 | 8.50E-01 | 2.861E+00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 14 | 2.20E-01 | 1.95E+00 | 2.20E-01 | 1.95E+00 | 2.20E-01 | 5.14E+00 | 2.691E+00 | | 2.20E-01 | 9.03E-01 | 2.20E-01 | 1.45E+00 | 2.20E-01 | 1.25E+00 | 1.179E+00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 15 | 2.44E-01 | 2.34E+00 | 2.44E-01 | 3.28E+00 | 2.44E-01 | 6.30E+00 | 3.642E+00 | | 2.44E-01 | 9.04E-01 | 2.44E-01 | 9.42E-01 | 2.44E-01 | 1.24E+00 | 1.019E+00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 16 | 2.69E-01 | 2.76E+00 | 2.69E-01 | 3.56E+00 | 2.69E-01 | 9.52E+00 | 4.536E+00 | | 2.69E-01 | 8.58E-01 | 2.69E-01 | 1.08E+00 | 2.69E-01 | 1.49E+00 | 1.113E+00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 17 | 2.93E-01 | 2.74E+00 | 2.93E-01 | 4.14E+00 | 2.93E-01 | 8.10E+00 | 4.511E+00 | | 2.93E-01 | 5.63E-01 | 2.93E-01 | 1.09E+00 | 2.93E-01 | 1.25E+00 | 9.147E-01 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

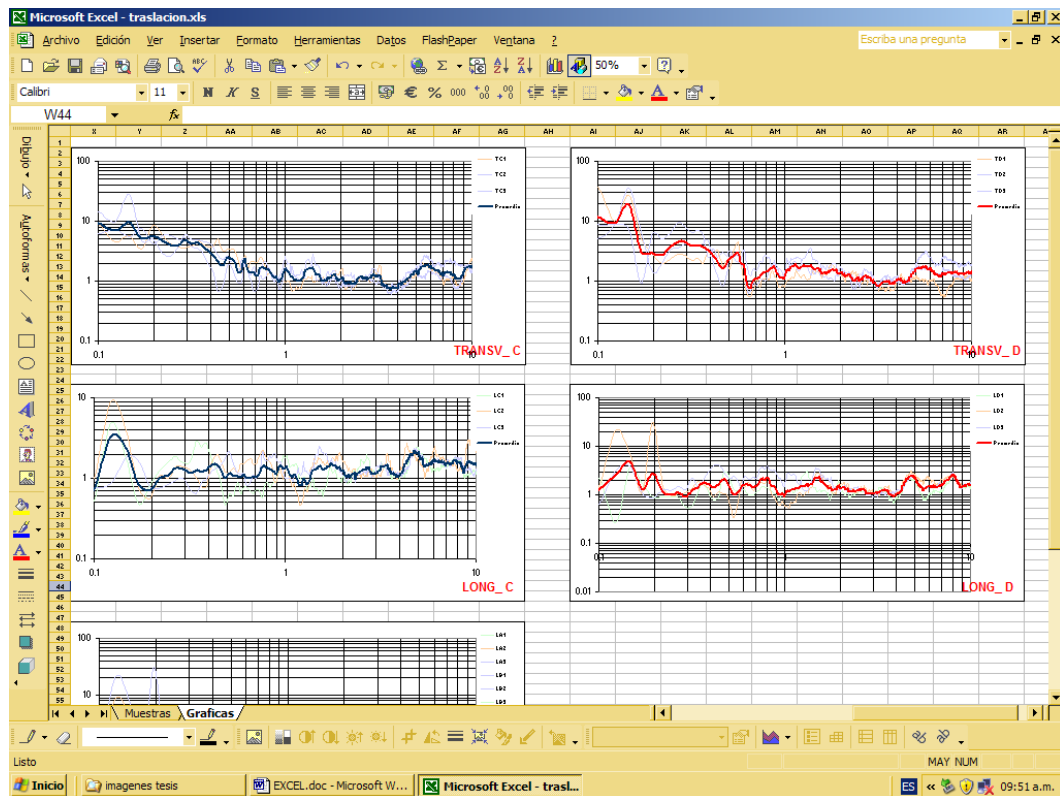


Cálculo del promedio final de las 24 funciones de transferencia empírica.

Con estos datos obtenemos las graficas parciales para cada golpe y los promedios finales:

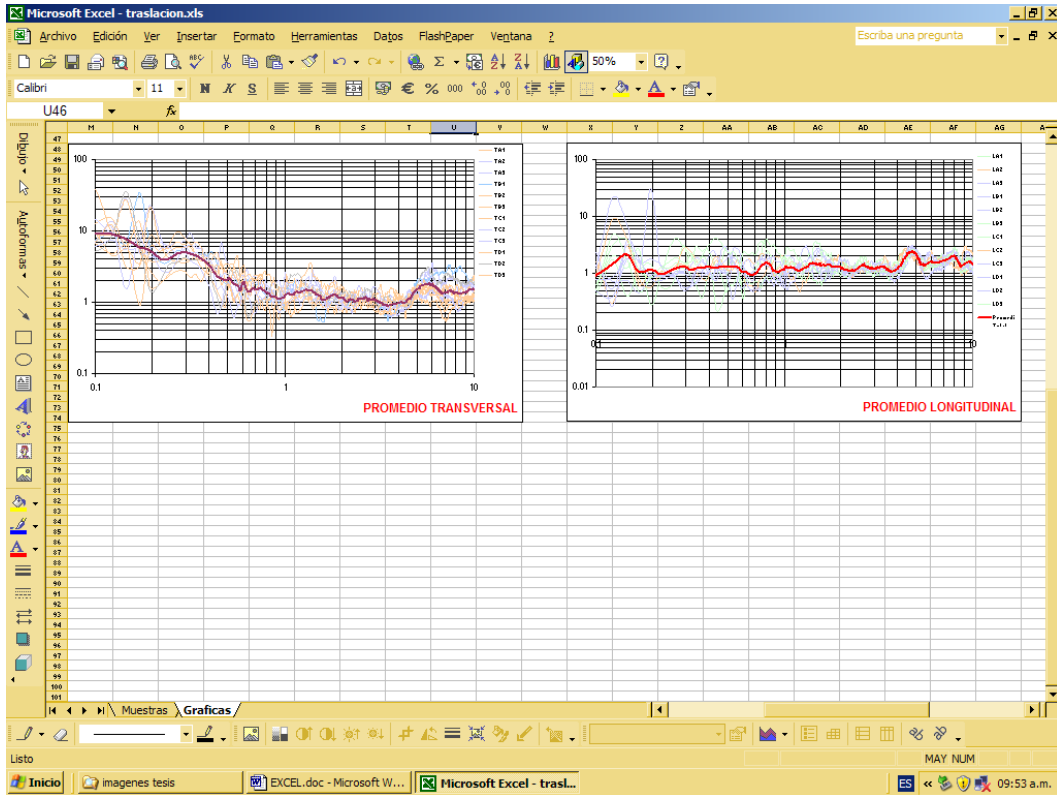


Promedios para golpes A y B en ambos sentidos



Promedios para golpes C y D en ambos sentidos

Y finalmente calculamos un promedio final en los sentidos longitudinal y transversal.



Obteniendo así, las gráficas de frecuencia donde deduce:
Para el sentido longitudinal, la frecuencia es: 4.8 hz.
Para el sentido transversal, la frecuencia es: 5.7 hz.

Para el cálculo de la frecuencia para el sentido de torsión, se realizó 4 veces el procedimiento anterior, una por cada una de las siguientes opciones:

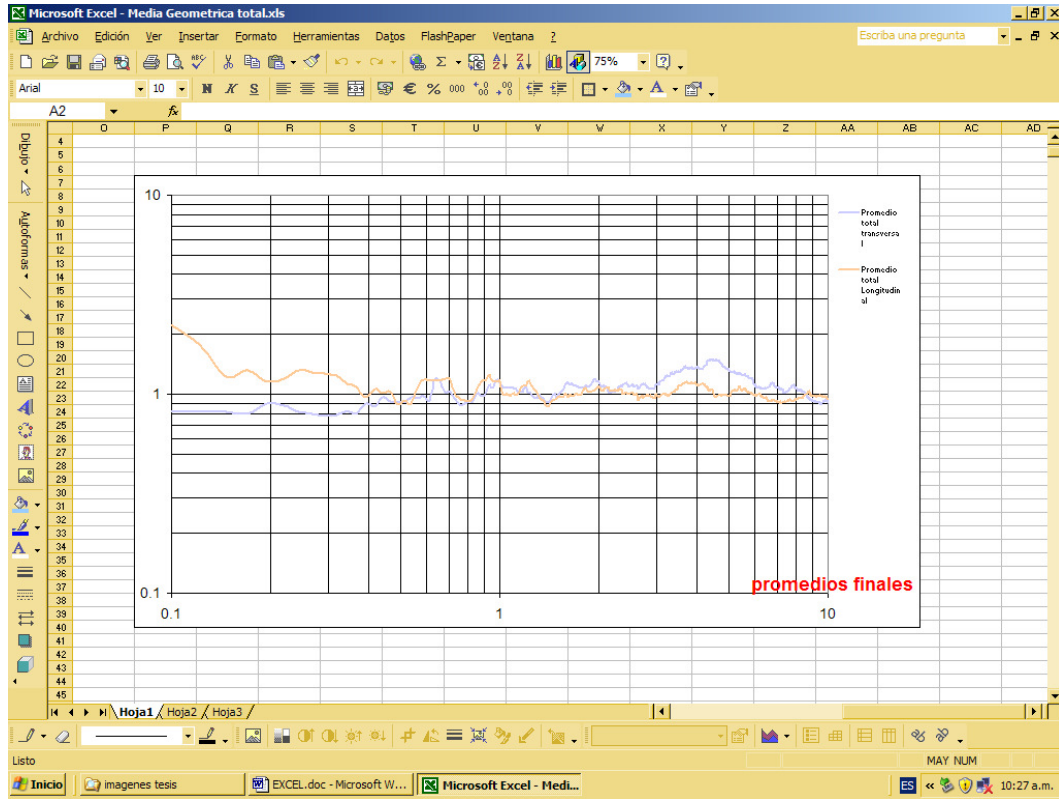
- Punto 1 / punto 3
- Punto 2 / punto 3
- Punto 4 / punto 3
- Punto 5 / punto 3

Y se obtuvo un promedio longitudinal y uno transversal para cada caso.

Por último, utilizando los promedios finales calculados para cada punto respecto al punto 3, se calculó un promedio final en ambos sentidos.

| EJE X | 1,3 | | 2,3 | | 4,3 | | 5,3 | | PROMEDIO FINAL | | |
|-------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|----------------------------|-----------------------------|-----------|
| | Promedio total FW | Promedio total NS | Promedio total FW | Promedio total NS | Promedio total FW | Promedio total NS | Promedio total FW | Promedio total NS | Promedio total transversal | Promedio total Longitudinal | |
| 6 | 2.44E-02 | 5.957E-01 | 5.424E-00 | 1.377E-00 | 2.953E-00 | 8.817E-01 | 3.337E-00 | 6.020E-01 | 4.873E-00 | 8.076E-01 | 3.835E-00 |
| 7 | 4.88E-02 | 5.527E-01 | 4.058E-00 | 1.341E-00 | 1.688E-00 | 8.446E-01 | 2.513E-00 | 6.120E-01 | 2.438E-00 | 7.871E-01 | 2.772E-00 |
| 8 | 7.32E-02 | 5.517E-01 | 4.301E-00 | 1.374E-00 | 1.543E-00 | 8.858E-01 | 2.999E-00 | 5.943E-01 | 3.823E-00 | 7.902E-01 | 3.055E-00 |
| 9 | 9.77E-02 | 5.639E-01 | 3.231E-00 | 1.391E-00 | 1.500E-00 | 9.040E-01 | 2.345E-00 | 6.389E-01 | 2.231E-00 | 8.133E-01 | 2.285E-00 |
| 10 | 1.22E-01 | 5.548E-01 | 2.274E-00 | 1.430E-00 | 9.264E-01 | 8.828E-01 | 1.780E-00 | 5.991E-01 | 2.600E-00 | 8.132E-01 | 1.762E-00 |
| 11 | 1.48E-01 | 7.266E-01 | 1.187E-00 | 1.258E-00 | 1.129E-00 | 8.212E-01 | 1.456E-00 | 6.012E-01 | 1.135E-00 | 8.193E-01 | 1.220E-00 |
| 12 | 1.71E-01 | 5.977E-01 | 1.238E-00 | 1.445E-00 | 9.790E-01 | 9.037E-01 | 1.518E-00 | 5.201E-01 | 1.688E-00 | 7.982E-01 | 1.323E-00 |
| 13 | 1.95E-01 | 8.364E-01 | 1.154E-00 | 1.305E-00 | 8.441E-01 | 8.216E-01 | 1.372E-00 | 7.272E-01 | 1.328E-00 | 8.987E-01 | 1.154E-00 |
| 14 | 2.20E-01 | 7.512E-01 | 1.189E-00 | 1.105E-00 | 9.047E-01 | 8.933E-01 | 1.418E-00 | 7.855E-01 | 1.352E-00 | 8.750E-01 | 1.188E-00 |
| 15 | 2.44E-01 | 6.847E-01 | 1.239E-00 | 1.091E-00 | 1.059E-00 | 8.192E-01 | 1.489E-00 | 7.405E-01 | 1.441E-00 | 8.163E-01 | 1.317E-00 |
| 16 | 2.89E-01 | 5.952E-01 | 1.250E-00 | 1.189E-00 | 1.021E-00 | 7.947E-01 | 1.411E-00 | 7.021E-01 | 1.502E-00 | 7.921E-01 | 1.282E-00 |
| 17 | 2.93E-01 | 5.870E-01 | 1.255E-00 | 1.248E-00 | 9.870E-01 | 7.475E-01 | 1.399E-00 | 6.829E-01 | 1.502E-00 | 7.817E-01 | 1.271E-00 |
| 18 | 3.17E-01 | 5.623E-01 | 1.104E-00 | 1.308E-00 | 9.957E-01 | 7.841E-01 | 1.526E-00 | 6.676E-01 | 1.419E-00 | 7.877E-01 | 1.241E-00 |
| 19 | 3.42E-01 | 5.431E-01 | 1.005E-00 | 1.365E-00 | 9.050E-01 | 8.522E-01 | 1.362E-00 | 7.003E-01 | 1.332E-00 | 8.179E-01 | 1.131E-00 |
| 20 | 3.68E-01 | 5.118E-01 | 9.807E-01 | 1.363E-00 | 9.531E-01 | 8.807E-01 | 1.259E-00 | 6.564E-01 | 1.182E-00 | 7.377E-01 | 1.088E-00 |
| 21 | 3.91E-01 | 5.524E-01 | 9.477E-01 | 1.409E-00 | 7.790E-01 | 1.052E-00 | 1.152E-00 | 7.780E-01 | 1.035E-00 | 8.335E-01 | 9.646E-01 |
| 22 | 4.15E-01 | 5.223E-01 | 1.121E-00 | 1.253E-00 | 8.290E-01 | 9.930E-01 | 1.197E-00 | 7.237E-01 | 1.154E-00 | 8.538E-01 | 1.062E-00 |
| 23 | 4.39E-01 | 7.469E-01 | 1.039E-00 | 1.228E-00 | 7.422E-01 | 1.104E-00 | 1.136E-00 | 6.538E-01 | 1.188E-00 | 8.238E-01 | 1.009E-00 |
| 24 | 4.64E-01 | 7.240E-01 | 1.039E-00 | 1.170E-00 | 7.763E-01 | 1.109E-00 | 1.128E-00 | 8.521E-01 | 1.205E-00 | 9.241E-01 | 1.023E-00 |
| 25 | 4.88E-01 | 7.318E-01 | 8.127E-01 | 1.098E-00 | 6.721E-01 | 1.026E-00 | 1.071E-00 | 8.373E-01 | 1.059E-00 | 9.109E-01 | 8.863E-01 |
| 26 | 5.13E-01 | 6.834E-01 | 8.589E-01 | 1.129E-00 | 7.602E-01 | 9.773E-01 | 1.097E-00 | 9.004E-01 | 1.034E-00 | 9.078E-01 | 9.269E-01 |
| 27 | 5.37E-01 | 8.330E-01 | 7.420E-01 | 1.169E-00 | 8.121E-01 | 9.799E-01 | 1.003E-00 | 9.120E-01 | 1.012E-00 | 9.661E-01 | 8.842E-01 |
| 28 | 5.62E-01 | 8.792E-01 | 9.389E-01 | 1.096E-00 | 9.395E-01 | 9.111E-01 | 1.194E-00 | 8.253E-01 | 1.232E-00 | 9.494E-01 | 1.095E-00 |
| 29 | 5.86E-01 | 9.302E-01 | 1.063E-00 | 1.103E-00 | 1.061E-00 | 9.456E-01 | 1.212E-00 | 9.433E-01 | 1.405E-00 | 9.795E-01 | 1.177E-00 |
| 30 | 6.10E-01 | 8.061E-01 | 1.048E-00 | 9.164E-01 | 9.941E-01 | 9.937E-01 | 1.398E-00 | 1.017E-00 | 1.267E-00 | 9.296E-01 | 1.165E-00 |
| 31 | 6.35E-01 | 8.505E-01 | 9.395E-01 | 1.237E-00 | 8.836E-01 | 1.376E-00 | 1.502E-00 | 1.343E-00 | 1.514E-00 | 1.181E-00 | 1.172E-00 |
| 32 | 6.59E-01 | 8.168E-01 | 9.433E-01 | 1.250E-00 | 8.983E-01 | 1.368E-00 | 1.499E-00 | 1.393E-00 | 1.473E-00 | 1.172E-00 | 1.168E-00 |
| 33 | 6.84E-01 | 7.083E-01 | 9.609E-01 | 1.052E-00 | 8.948E-01 | 1.252E-00 | 1.532E-00 | 1.191E-00 | 1.597E-00 | 1.024E-00 | 1.204E-00 |
| 34 | 7.08E-01 | 7.211E-01 | 1.006E-00 | 1.056E-00 | 9.058E-01 | 1.252E-00 | 1.421E-00 | 1.187E-00 | 1.509E-00 | 1.027E-00 | 1.191E-00 |
| 35 | 7.32E-01 | 7.192E-01 | 9.105E-01 | 9.071E-01 | 8.042E-01 | 1.105E-00 | 1.094E-00 | 1.091E-00 | 1.248E-00 | 9.419E-01 | 9.984E-01 |
| 36 | 7.57E-01 | 6.967E-01 | 8.463E-01 | 8.229E-01 | 7.769E-01 | 9.925E-01 | 9.884E-01 | 1.060E-00 | 1.199E-00 | 8.810E-01 | 9.395E-01 |
| 37 | 7.81E-01 | 7.878E-01 | 8.466E-01 | 7.819E-01 | 7.505E-01 | 8.998E-01 | 9.788E-01 | 1.009E-00 | 1.225E-00 | 8.946E-01 | 9.344E-01 |
| 38 | 8.06E-01 | 8.557E-01 | 8.025E-01 | 7.469E-01 | 7.280E-01 | 9.876E-01 | 1.009E-00 | 1.149E-00 | 1.188E-00 | 9.228E-01 | 9.146E-01 |
| 39 | 8.30E-01 | 9.037E-01 | 7.807E-01 | 7.354E-01 | 7.623E-01 | 9.787E-01 | 1.070E-00 | 1.052E-00 | 1.292E-00 | 9.181E-01 | 9.629E-01 |
| 40 | 8.54E-01 | 1.040E-00 | 8.327E-01 | 8.517E-01 | 8.138E-01 | 1.095E-00 | 1.239E-00 | 1.174E-00 | 1.491E-00 | 1.016E-00 | 1.095E-00 |
| 41 | 8.79E-01 | 9.999E-01 | 9.264E-01 | 8.571E-01 | 9.063E-01 | 9.387E-01 | 1.319E-00 | 1.195E-00 | 1.563E-00 | 9.819E-01 | 1.148E-00 |
| 42 | 9.03E-01 | 9.847E-01 | 9.380E-01 | 8.938E-01 | 9.308E-01 | 9.632E-01 | 1.335E-00 | 1.195E-00 | 1.605E-00 | 1.001E-00 | 1.170E-00 |

Cálculo del promedio final torsión longitudinal y transversal.



Grafica del promedio final para torsión

Obteniendo así, la gráfica de frecuencia, donde deduce:

Para la Torsión, la frecuencia es: 4.5 Hz.

APENDICE B

Método de la diagonal equivalente

Apéndice B.- Método de la diagonal equivalente

En vista de que el agrietamiento en muros confinados por marcos puede ocurrir aun durante sismos moderados, es necesario calcular la rigidez lateral y los elementos mecánicos que originan las cargas sísmicas en marco y muro, tomando en cuenta tal comportamiento. Para este propósito podemos idealizar cada muro confinado como una diagonal equivalente en compresión dentro del marco, como se ve en la Figura 1.

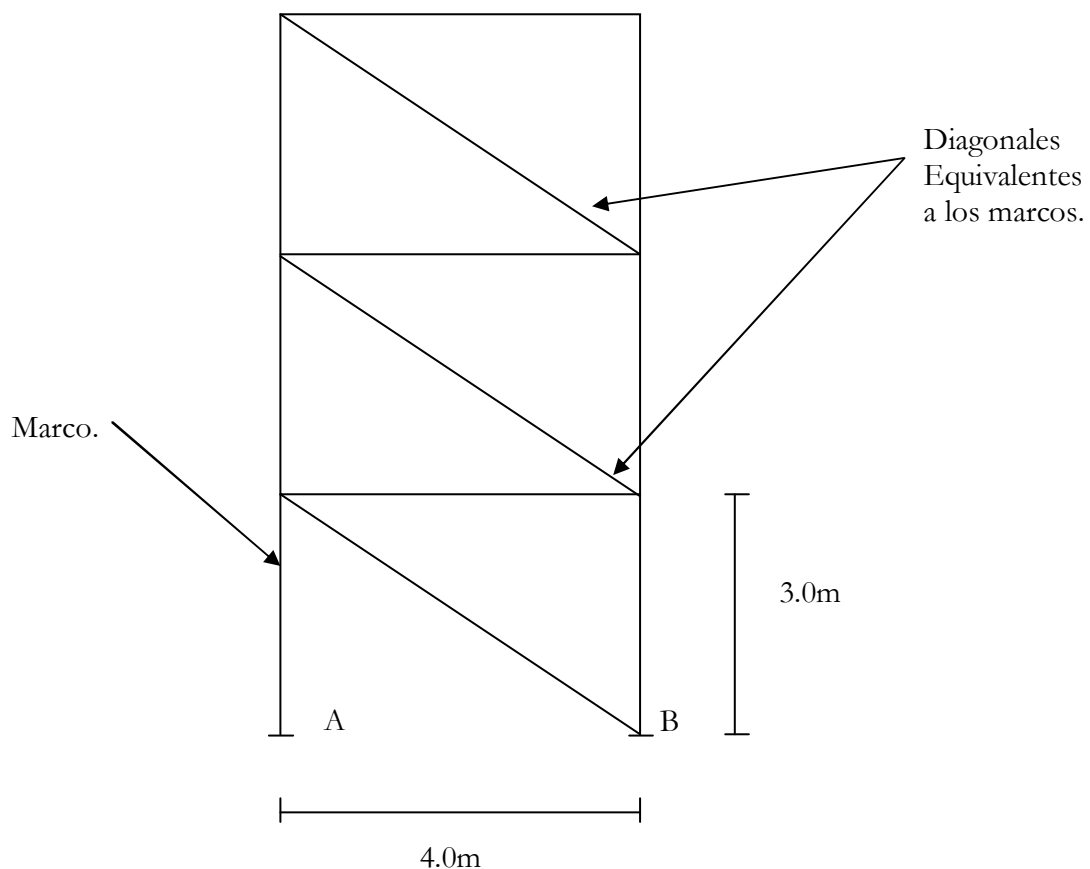


Figura 1. Diagonal Equivalente.

Como resultado de estudios analíticos con elementos finitos que incluyen la separación entre muro y marco, se ha propuesto (Bazán, 1980) que la diagonal equivalente tenga el mismo espesor t , y módulo de elasticidad E_m , que el muro, y que su ancho sea:

$$W = (0.35 + 0.022 \lambda) h \quad \text{-----} \quad (1)$$

Donde:

h : Altura entre ejes del tablero

λ : Parámetro adimensional basado en las rigideces de la diagonal.

Al deducir la fórmula (1) se ha considerado que el marco es continuo (no articulado) en sus esquinas y que $G_m = 0.4E_m$. Dicha fórmula es aplicable para valores de λ entre 0.9 y 11 y para relaciones de aspecto $\zeta = b/h$, entre 0.75 y 2.5. Tales intervalos cubren la mayoría de los casos prácticos.

Como ejemplo, consideraremos la estructura formada en la figura 1, Para determinar las diagonales equivalentes a los muros de mampostería tenemos: área de las columnas, A_c igual a $30 \times 30 = 900 \text{ cm}^2$; área del muro, A_m , igual a $15 \times (400 - 40) = 5400 \text{ cm}^2$; Módulo de elasticidad de las columnas, $E_c = 141000 \text{ kg/cm}^2$. Con estos valores se calcula el parámetro λ como:

$$\begin{aligned} \lambda &= (E_c A_c) / (G_m A_m) \\ \lambda &= (141000 \times 900) / (2400 \times 5400) \\ \lambda &= 9.8 \end{aligned}$$

Aplicando la Ecuación (1) con $h = 3 \text{ m}$, resulta:

$$\begin{aligned} W &= (.35 + 0.22 \lambda) h \\ W &= (.035 + (0.22 \times 9.8)) 3 = 1.70 \text{ m} \end{aligned}$$

Las diagonales equivalentes que se muestran en la figura tienen $170 \times 15 = 2250 \text{ cm}^2$ de área, 5m de longitud y módulo de elasticidad $E_m = G_m / 0.4 = 2400 / 0.4 = 6000 \text{ kg/cm}^2$.